

# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

Tervezéstől az üzemeltetésig

Túróczi József

Túróczi és Társa Erősáramú Mérnöki Iroda KFT

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU







# Téma meghatározás

**50 év** szakmai és **30 év** vállalkozói munkánk során szerzett tapasztalatainkat fogjuk megosztani Önökkel.

A következő **6 órában** összefoglaljuk azt, ami az Önök munkáját segítheti, hogy Önök helyesen értelmezzék és alkalmazzák az alternatív energiaforrások üzemeltetésének ismert műszaki előnyei mellett azok hátrányait is, de azt is bemutatjuk, hogy a feltárt és megismert hibákat milyen módon és eszközökkel lehet javítani.

Az alapkérdés: **mit értsünk az alternatív energiatermelésen?**

Miért nem jó nekünk a hagyományos energiaforrás, pld. az olaj?



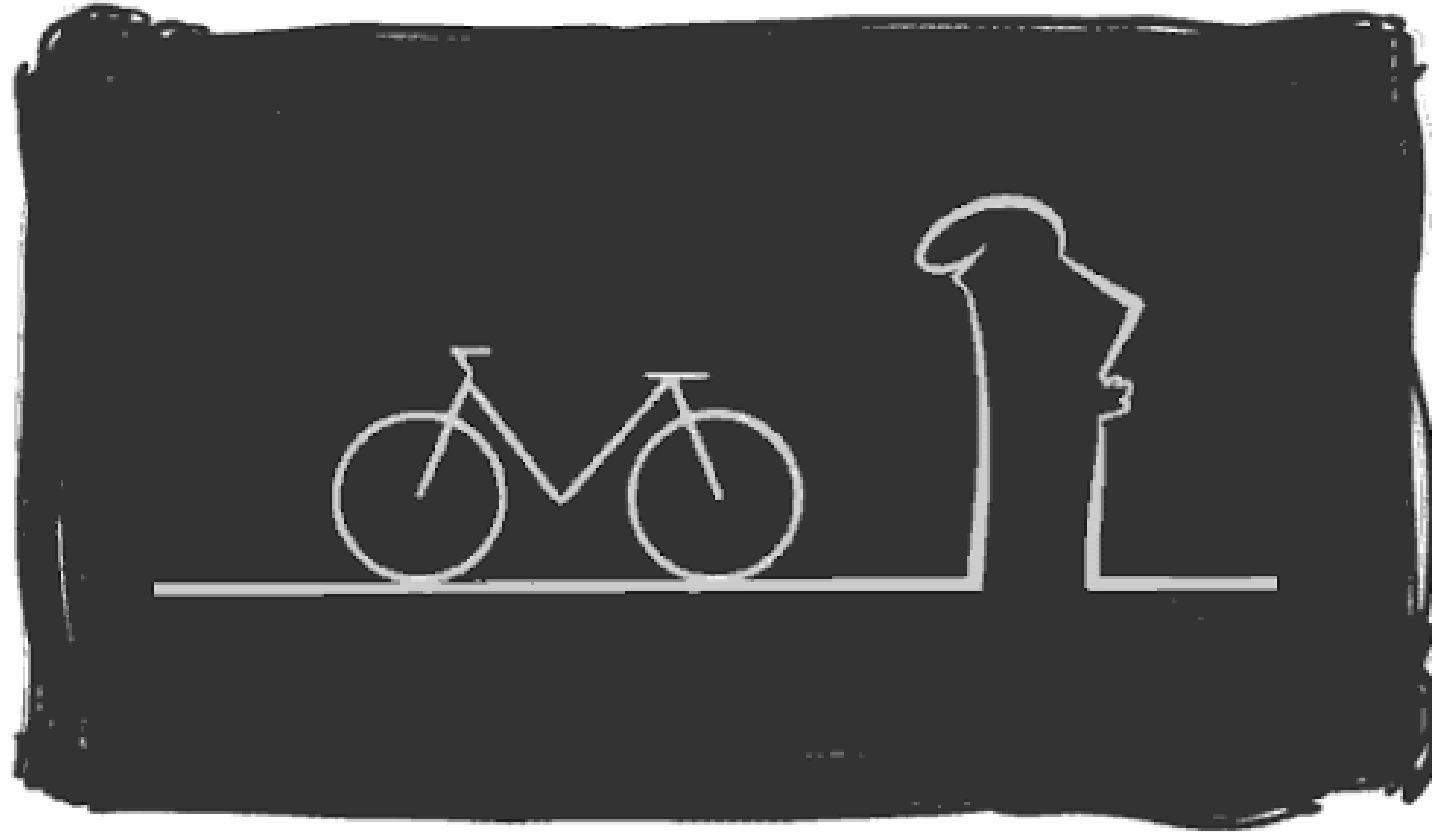
# Téma meghatározás





# Téma meghatározás

Alkalmazzunk talán humán erőforrást az energia termelésében?





# Téma meghatározás

## DEKLARÁCIÓ!

Vizsgálatunk- és értékelésünk, javaslataink során megkerülhetetlen a kompetitív – *versenyképességi összehasonlító* – eljárási formula alkalmazása. Természetesen ezzel nem azt mondjuk, hogy valamely termék rossz, csak azt mutatjuk be, hogy a kizárólag műszaki alapú összehasonlítás során egy másik gyártó terméke miért bizonyult jobbnak!

Amennyiben a termék-, vagy az eljárás hibájára mutatunk rá, nem a gyártóról vagy az eljárásról mondunk véleményt, csupán más szemszögből a hiba felismertetése, a feltárási mód bemutatása a célunk!



# Téma meghatározás

## DEKLARÁCIÓ!

Munkánk során – így a mai napon is - **az erősáramú megközelítéstől eltérő gondolkozási módot** mutatunk be, emiatt többször is eltérünk a megszokott „terminus technicus”-tól. Egyszerűbb pld. a „*pozitív visszacsatolás okozta, limitált határérték nélküli jel erősödés*” helyett a napi gyakorlatban ismert megnevezés, a „**gerjedés**” alkalmazása.

**Szóhasználatunk tudatos, célunk az események háttérének bemutatása**, ehhez a jelenségeket nem a szakma nyelvén írjuk le.



## Téma meghatározás

# DEKLARÁCIÓ!

Nem fogunk foglalkozni az aktuálpolitika olykor nehezen magyarázható döntéseivel. Megértjük, hogy a foszilis energiából földgáz- és a kőolaj származékok felhasználást korlátozni célszerű, azonban talán jó lenne műszakilag is végiggondolni annak következményeit.

**A lakossági villamosenergia felhasználást ez a döntés legalább egy nagyságrenddel megnöveli, de ennek kiszolgálására egyetlen feszültség szinten sem tudunk felkészülni!**





# Téma meghatározás

A hagyományos, ún. foszilis energiaforrások kimerülőben, az atomenergia termelés veszélyes-, emiatt a létesítése költséges.

**Vizsgálatunk témája a villamos energia alternatív, megújuló energiaforrásból történő előállítás!**

A vizsgálat során szakítunk a hagyományos szemléletekkel és az energia megtermelésen túl foglalkozunk az üzemeltetés problémájával is, hogy bemutassuk, nincs fény sötétség nélkül, így nincs előny hátrány nélkül!

# 1. Technikai fejlődés

Az 1991. évi minőségbiztosítás, mint szabályozás alapja

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





# 1. Technikai fejlődés

Elsőként azokat a hatályos szabványokat és szakmai előírásokat tekintjük át, melyek a villamosenergia rendszer előállítását jelentősen befolyásolják.

Felhívjuk a figyelmet, hogy a témakör egy új területet vizsgál, emiatt – a folyamatos aktualizálás ellenére – napi szinten tapasztalhatunk törvényi változásokat, új rendeleteket, előírásokat.

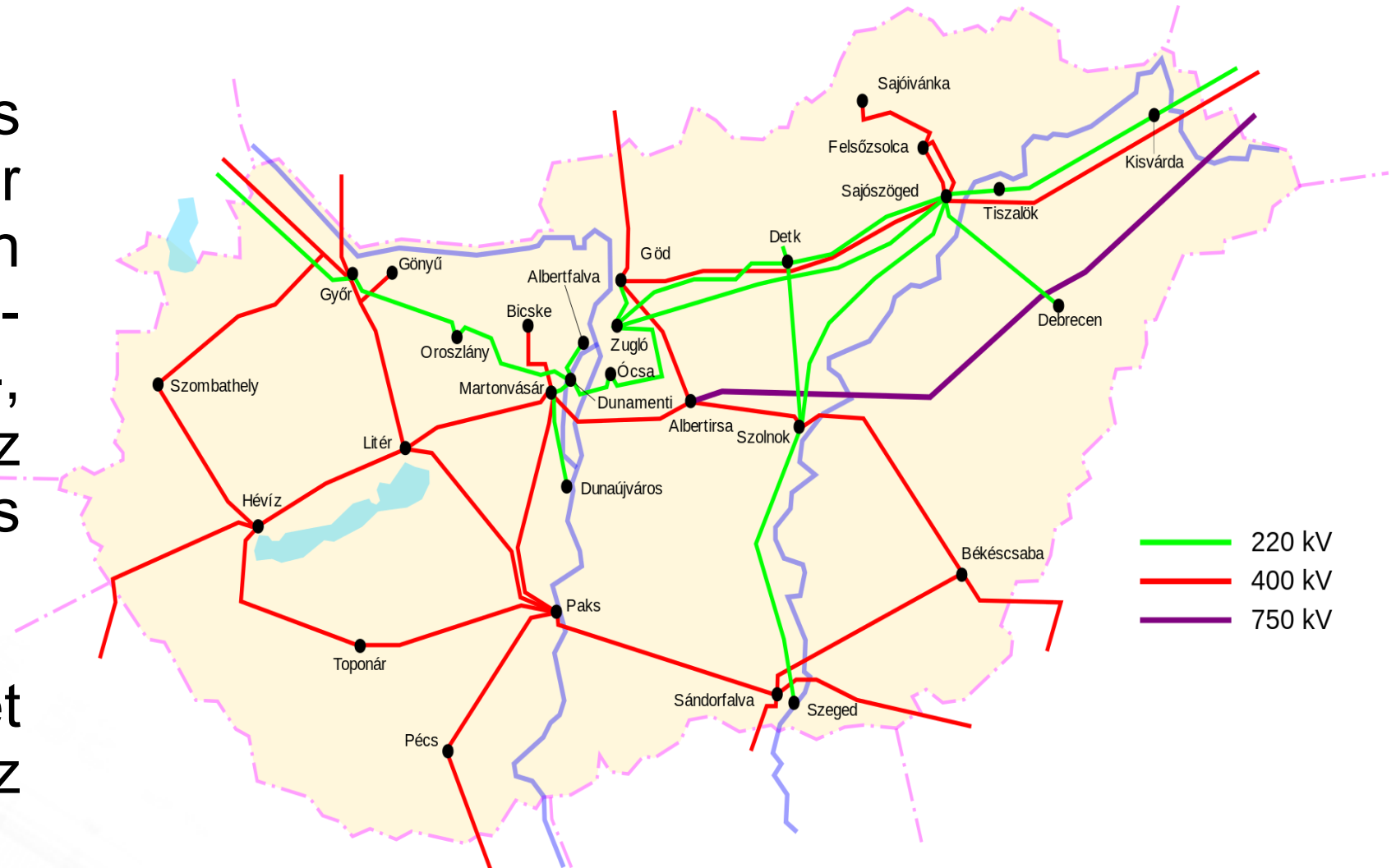
Kövessük végig a villamos energia termelésével foglalkozó szabályozások szerepét, az energia termelés eszközének kiválasztásától az üzemeltető részére történő átadásig.



# 1. Technikai fejlődés

Hazai Villamos Energia Rendszer – VER – magában foglalja a villamosenergia termelés-, a szállítás- és az energia elosztás elemeit.

A VER felépítését a csatolt vázlatrajz mutatja be.





# 1. Technikai fejlődés

Mivel a villamos energia talán legnagyobb műszaki problémája a tárolás, emiatt a megtermelt energiát azonnal fel is kell használni, az egyes országok által termelt többletet más országok részére tovább kell adni, a hiányt más országok termeléséből kell pótolni.

Magyarország 1993.-ig tagja volt a KGST **VERE** rendszerének, majd a **CDO** (Central Dispatching Organisation) által irányított **CENTREL** nevű rendszerének. A rendszer alapvetően az akkori Szovjetunió korlátlanul tekintett energiatermelő bázisára alapozott, melyet az egyes tagországok által üzemeltetett alap- és csúcserőművek rendszere egészített ki.



# 1. Technikai fejlődés

A **CENTREL** tagjai Magyarország mellett Lengyelország, Csehország, Szlovákia, Németország keleti területe – a volt NDK – illetve Nyugat Ukrajna, Románia és Bulgária.

A villamos energia összeköttetés kooperáló feszültsége a 400kV lett, mivel a korábbi kísérlet, a **Vinyicza és Albertirsa 750kV-os feszültségű összekötése nem hozta meg a kívánt eredményt.**

Sikertelenség oka, hogy az ultra nagy feszültségű hálózat energia-vesztesége meghaladta az elvárt mértéket, emellett nem épült ki az erőműpark, mely képes lett volna az energiaigény biztosítására.



# 1. Technikai fejlődés

A gigantikus beruházás gigantikus pénznyelővé vált, mivel a feltöltött villamos energia nem volt több, mint a 750kV feszültségű rendszer saját vesztesége.

A hálózat végül 400kV feszültségen üzemelve teljesíti a feladatát.





# 1. Technikai fejlődés

A rendszer tagjai között azonosíthatunk termelőket – ez főként a Szovjetunió sokszor még csak tervezett hő- és vízierőműveire lett alapozva, illetve voltak felhasználók – pld. Csehszlovákia – melynek fémipari energia igényét a saját erőműparkjuk nem tudta kielégíteni.

Ez sokszor okozott villamos energia ellátási gondot, hiszen a geodéziai adottságok alapján az Ukrajnán és Magyarországon át a Csehszlovákiába érkező villamos energia sokszor kevesebb volt a szükségesnél. A fémkohászat energiaigényét – megállapodások ellenére – hatékonyan nem szabályozták, így gyakran a frekvencia védelmek okoztak Magyarországon váratlan korlátozásokat.





# 1. Technikai fejlődés

A **CENTREL** már nagy előrelépés volt a **KGST VERE** rendszeréhez képest, mivel minden tagországot kötelezett az energiagazdálkodás kialakítására és megvalósítására, illetve csatlakozik, 1996.-tól már párhuzamosan tevékenykedik a **UCPTE** (**U**nion pour le **c**oordination de la **p**roduction et du **t**ransport de l'**e**lectricite) rendszerével.

A két rendszeren belül összehangoltan történik:

- a villamos energia termelése
- a villamos energia területi elosztása, illetve
- a végső felhasználó fogyasztók kiszolgálása



# 1. Technikai fejlődés

A rendszer alapja természetesen az **erőmű**. Ennek során kizárólag a közcélú – a **MAVIR NF hálózatára** csatlakozó – erőműveket elemezzük, mivel az ipari – legtöbbször valamely technológiai ún. hulladék energia hasznosítására alapozott - energia termelést az adott fogyasztó legtöbbször helyben hasznosítja is.

Beszélhetünk:

- kooperációs
- alap-, menetrend tartó és csúcs erőműről, illetve
- szén-, szénhidrogén, nukleáris, valamint
- megújuló energiával működő erőművekről



# 1. Technikai fejlődés

Tekintsünk el a speciális célú erőművek – pld. kondenzációs (KE), fűtő erőmű (FE), illetve a fűtőművek (FM) – vizsgálatától, mivel ezek a villamos energia termelés során nem elhanyagolható-, de az alapvető energiatermelés szempontjából kiegészítő, másodlagos szerepet töltenek be.

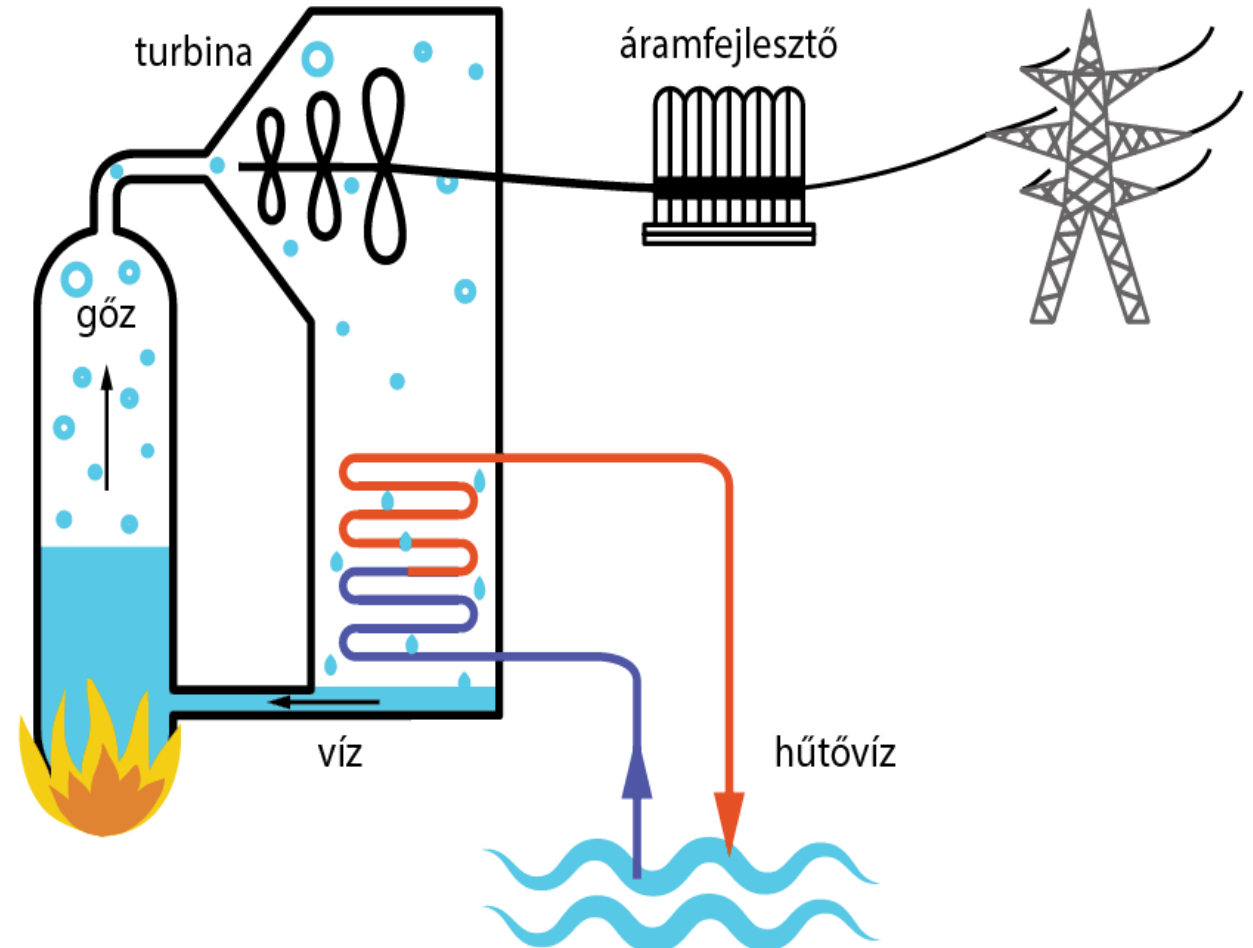
Gazdasági megfontolásból a menetrend tartó-, vagy csúcs erőművek száma- és szerepe is jelentősen csökkent, a villamosenergia termelés- és felhasználás közötti eltéréseket alapvetően a **CENTREL** és az **UCPTE** által szabályozottan, a tagországok terhelésmegosztása egyenlítheti ki.



# 1. Technikai fejlődés

## Hő-erőművek I.

Számtalan változata létezik, azonban a megoldás alapelve mindig azonos: a fosszilis alapú tüzelőanyag égetése során nyert hőenergiával nagynyomású, túlhevített vízgőzt fejlesztünk és ezzel turbinát forgatunk meg. A felesleges hőenergiát hűtéssel vezetjük el.





# 1. Technikai fejlődés

## Hő-erőművek II.

Ez a legismertebb erőmű típus, mely elhasználja az évmilliók alatt képződött foszilis energiaforrásokat, alacsony hatásfokkal működve jelentős szennyezést – karbon terhelés – jelentenek.

Működésükhöz igen jelentős mennyiségű hűtővízre van szükség, a szén- vagy olajszármazék égetése miatt szilárd- és gáznemű - CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> stb. és egyéb káros anyag – terhelése éri környezetünket.

A magas kémények csak a közvetlen környezetet védik a por kihullásától, így a szilárd szennyezés nagy területen szóródhat szét.



# 1. Technikai fejlődés

## Hő-erőművek III.

Sokáig alkalmazhatóságát korlátozta a gőz visszahűtéséhez szükséges semleges víz biztosítása, a párolgás miatti víz pótlása.

Megoldást a Heller-Forgó szabadalom, a hűtővíz zárt terű forgatása jelentette.



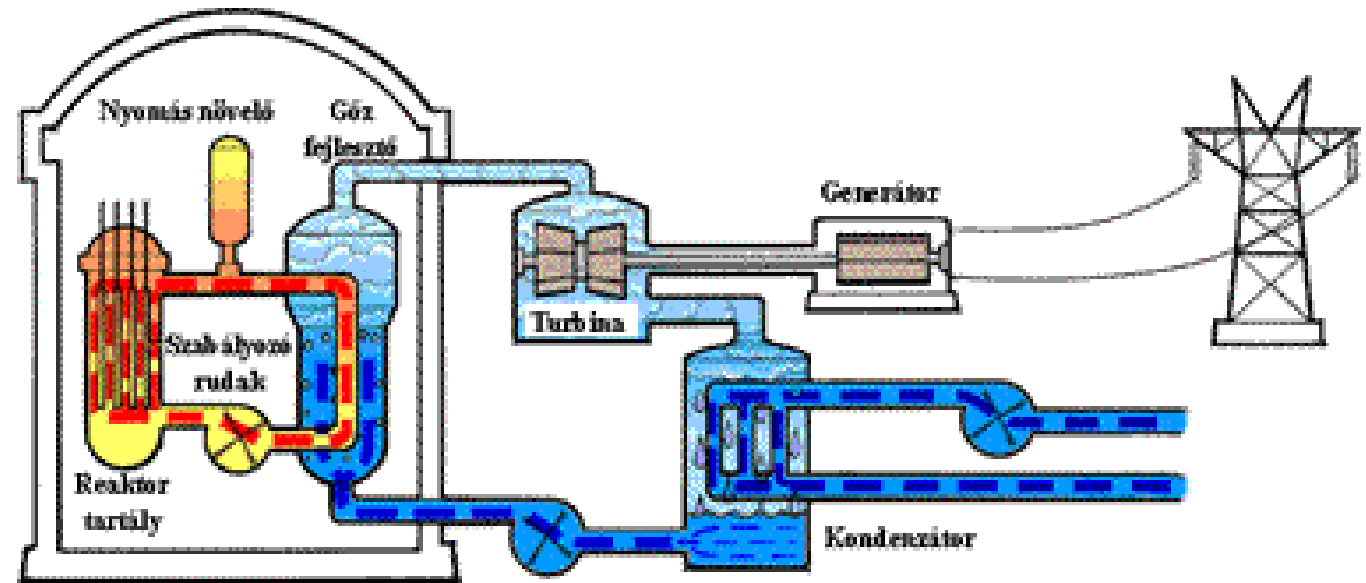


# 1. Technikai fejlődés

## Nukleáris erőművek

Nincs jelentős különbség, mindössze a fosszilis hőforrást pótolták a nukleáris energiából származó hőfejlesztésével.

A porszennyezést helyett több ezer évig veszélyes, lassan lebomló radioaktív hulladék lett a jutalmunk!



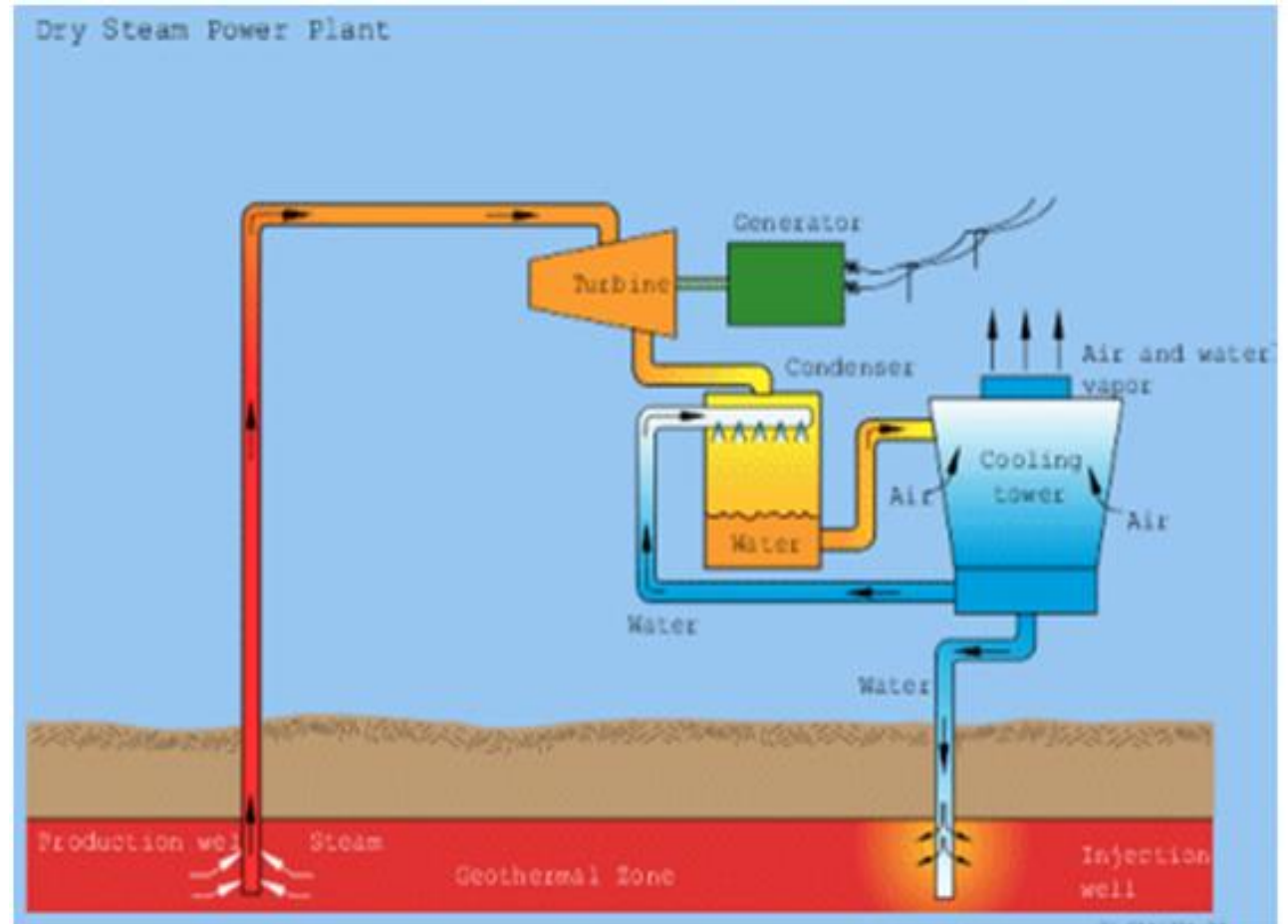


# 1. Technikai fejlődés

## Geotermikus erőművek I.

A hő-forrás a föld belső magja lett, a magma által termelt hő, melyet a helyi vízbázisból nyerünk, illetve hűtés után vissza préselünk.

Erősen területfüggő – pld. Izland – és bár a Hazai területen jelentős hőforrás található, nem alkalmazzuk.





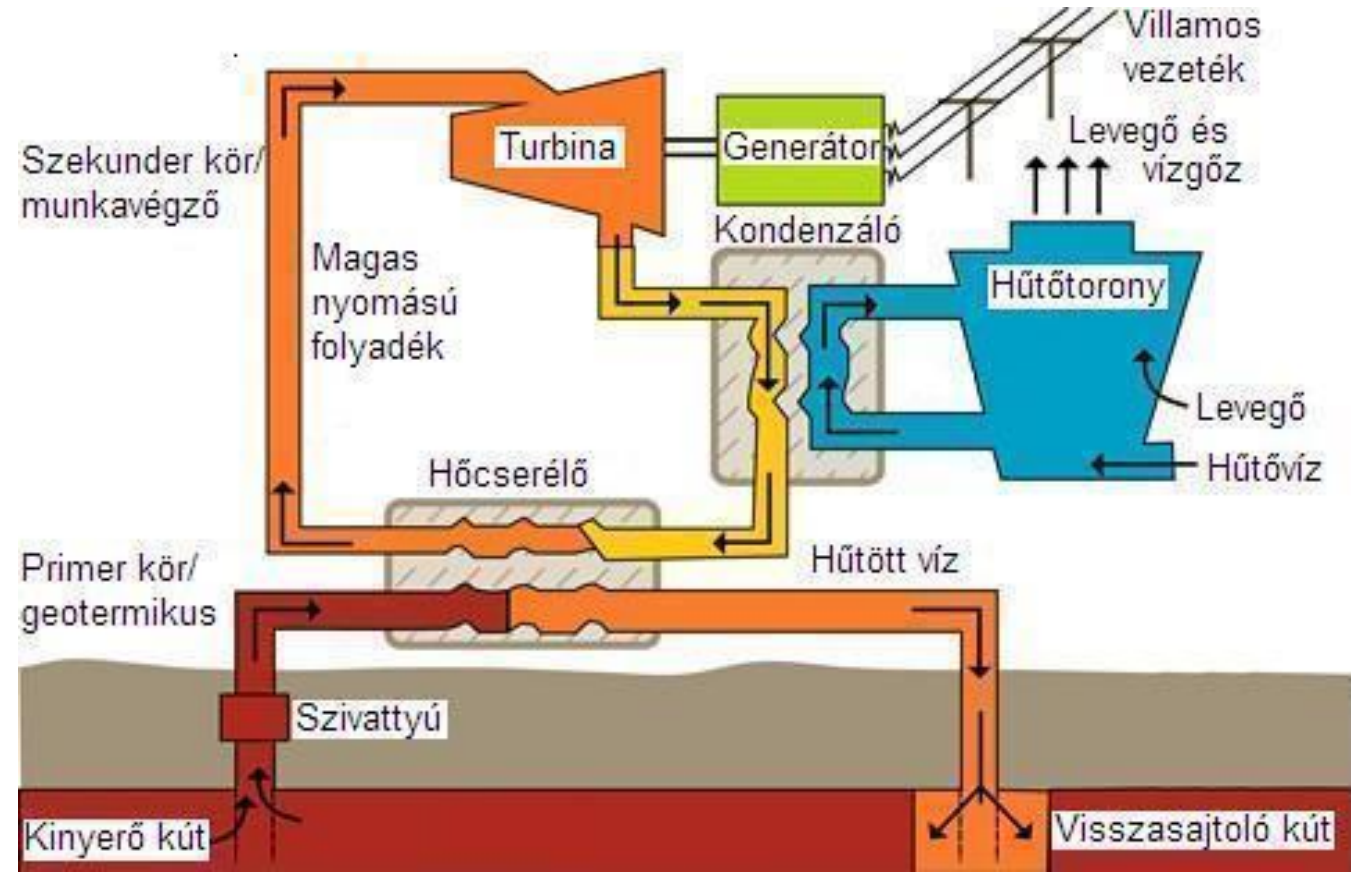


# 1. Technikai fejlődés

## Geotermikus erőművek II.

A kétkörös erőmű hőforrása továbbra is föld belső magja, a magma által termelt hő, melyet a helyi vízbázisból nyerünk.

A kisebb nyomás- és a víz jelentős mértékű oldott só terhelése miatt a turbinát leválasztott vízhálózati kör kialakításával üzemeltetjük.





# 1. Technikai fejlődés

## Biomassza erőművek

A biomassza - mint energiaforrás – több módon is hasznosítható:

- 1, **Közvetlenül** tüzeléssel, előkészítés nélkül, vagy előkészítés után
2. **Közvetve** kémiai átalakítás után (cseppfolyósítás, elgázosítás), folyékony üzemanyagként vagy éghető gázként
  - alkohollá erjesztés után üzemanyagként
  - növényi olajok savakkal történő észterezésével biodízelként
  - anaerob fermentálás – erjesztés - után biogázként



# 1. Technikai fejlődés

## Naphő erőművek

Az olvadt fém só kollektoros hő-erőmű első példánya a Majove sivatagban épült.

A hagyományos erőmű, hőforrása a nap hő-energiája, melyet annak állása szerint vezérelt parabola tükrök fókuszálnak a központi toronyban lévő só tartályra.





# 1. Technikai fejlődés

## Víz erőművek I.

Alapvető energiatermelés esetén két, jelentősen eltérő tulajdonságú erőmű típust különböztethetünk meg.

Duzzasztott, nagy esés-magasságú vízerőműveket általában hegyvidéki környezetben alakíthatunk ki.





# 1. Technikai fejlődés

## Vízi erőművek II.

Hazai, kis esésmagasságú folyók esetén vízlépcsők kialakításával néhány méternyi vízszint eltérés, illetve a Francis turbinák helyett a Kaplan turbinák alkalmazása lehetővé tette a villamos energia másodlagos termelését. (Kisköre)





# 1. Technikai fejlődés

## Szél erőművek I.

A földfelszín felmelegedése a napsütés intenzitásán túl az adott felszín hő-elnyelő képességének a függvénye.

Az eltérő hőmérsékletű talaj által felmelegített levegő mozgása alakítja ki az ún. szélcsatornákat, ezekben a légmozgás jelentős, gyakran állandósult értékű is lehet.





# 1. Technikai fejlődés

## Szél erőművek II.

Különleges típusa a tenger-víz felett, illetve a vízfelszín és szárazföld közötti eltérő hőmérséklet miatt kialakuló légmozgásra alapozott, de a parttól távol lehorgonyzott szélerőművek. Nagyobb a teljesítmény, állandó üzemű és a humán életvitelt alig zavaró működésű egység.





# 1. Technikai fejlődés

## Foto-voltaikus (PV) erőművek

Előrelépés jelent a fényenergia közvetlen hasznosítása.

Nincs szükség az energia átalakításához hőforrásra, vagy forgógépes generátorra, a szilícium alapú félvezető közvetlenül állítja elő a villamos energiát.





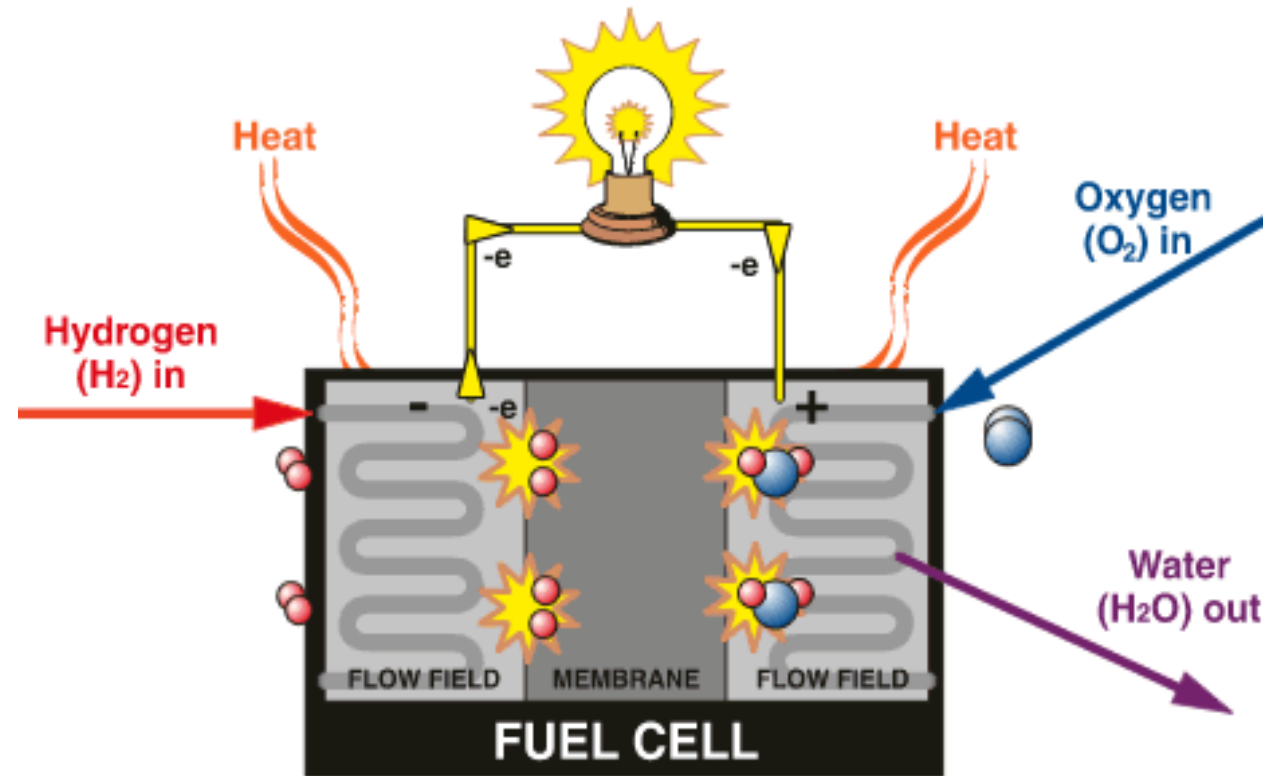


# 1. Technikai fejlődés

## Energia cellák I.

Hagyományos megoldásként aktív kémiai elválasztó elemre – membrán – hidrogén, illetve oxigén gázt vezetve létrejön a vegyi reakció.

A villamos energia termelés mellékterméke hő-energia és víz, mely azonban később újra felbontható alkotó részeire.



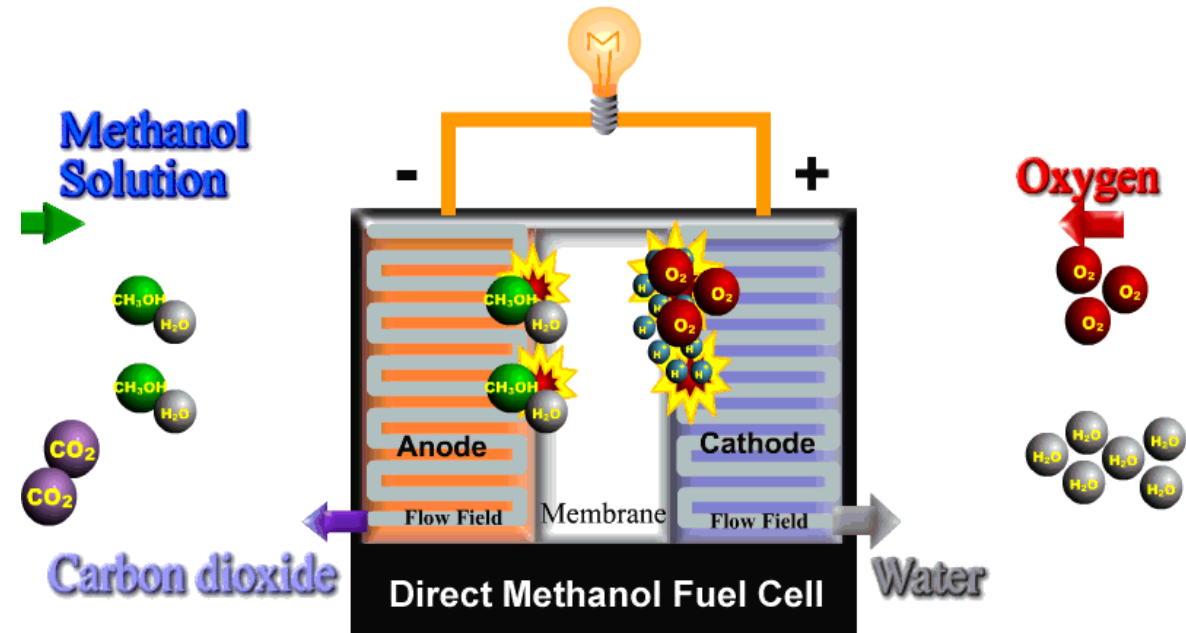


# 1. Technikai fejlődés

## Energia cellák II.

Az aktív kémiai membránra a hidrogén és az oxigén gázon túl metán gázt vezetve a vegyi reakció teljesítménye és a termelés hatásfoka emelkedik.

A villamos energia termelés melléktermékeként megjelenik a széndioxid is.





# 1. Technikai fejlődés

Természetesen a felsorolásunk nem teljes körű, csak az alapvető erőmű típusokra korlátozódik, mert a villamos energia termelés szempontjából az ún. „alap erőmű” csoportjába tartozó típusokat vettük figyelembe. Így kihagytunk minden kis teljesítményű, vagy speciális – pld. tudományos célú – és a kiegészítő célú erőműveket.

A korlátozásunk alapján nem vizsgáltuk azokat a technikai megoldásokat sem, melyek nem elérhetők – ár-apály erőművek – vagy ígéretes eredményeket mutatnak fel - a fúziós erőművek – azonban mind a mai napig csak kísérleti eszközként értelmezhetők.

# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

## Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége az 1. résznek

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



## **2. Tervezői munka befolyásolása**

Az energia termelő berendezésekre vonatkozó elvárások

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





## 2. Tervezői munka befolyásolása

A projekt indításakor a beruházó az elképzeléseit, valamint az alkalmazott energiatermelési technológiai berendezések leírásával együtt átadja az **adaptáló** villamos tervezőnek:

- a tervezési approximációs adatokat
- az egyes technológiák részletes leírását
- az energiaigénnyel kapcsolatos elvárásokat
- az üzem működésével kapcsolatos speciális igényeket

Részünkről tudatos az **adaptáló** szó kiemelése, mivel a **Tervező felelőssége** a technológiai energiaellátási feladatnak adott környezetben történő üzemeltetés anomália mentes megvalósítása.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### **Megjegyzés:**

Szükséges rögzíteni, hogy az összeállításunkban elsősorban az ipari-, ún. alap erőmű céljára alkalmas erőmű típusokat vizsgáljuk. Jelentős szelektálást kellett alkalmazni, mivel az egyes erőműtípusok olyan szélsőséges formában is megkülönböztetünk, melyek felsorolása, a közöttük lévő eltérések ismertetése már önmagában is hosszú időt venne igénybe.

Ugyan ezen elven nem vizsgáljuk a biomassza, biogáz, pelet stb. fűtésű erőműveket sem, mivel ezek alapvetően hő-erőművek.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Megjegyzés:

Külön megjegyzést érdemel a Mátrai hő-erőmű, melynek CO<sub>2</sub> kibocsátását az ún. „**low carbon**” hatás csökkentésének érdekében

- a hő-fejlesztés lignit helyett biomasszával, illetve
- a lignit bányák rekultivált felületeinek újrahasznosítását nagy teljesítményű, foto-voltaikus erőmű felépítésével tervezik.







## 2. Tervezői munka befolyásolása

A 10MW és nagyobb teljesítményű, ipari, alap erőműként üzemelő villamos energiatermelő technológiai rendszerek nagy része a rendszer bonyolultság és a beruházás jellege, összetettsége miatt csak az adott erőmű típusra specializált tervezőirodák számára elérhetők.

Például: a nukleáris berendezések  
a hő-, víz és geotermikus erőművek

Ezek az erőmű típusok akár évtizedes idejű előkészítéssel, több szakterület tervezőinek közös munkájaként, legtöbbször államközi megállapodásokon alapuló tervezéssel készülnek.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nukleáris erőművek I.

Már a tervezés is csak az **Országos Atomenergia Hivatal** (OAH vagy HAEA - *Hungarian Atomic Energy Authority*) előzetes vizsgálatait és tanulmányait, valamint a **Nemzetközi Atomenergia-ügynökség** (NAÜ vagy IAEA - *International Atomic Energy Agency*) jóváhagyásával és folyamatos ellenőrzése mellett történhet.

A rendkívül költséges beruházás miatt Magyarországon – a MTA Csillebérci kísérleti atomreaktortól eltekintve – egyetlen atomerőmű épült fel Pakson, melynek építését 1966-ban határozták el, a megépítése 1969.-től 1987.-ig történt.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nukleáris erőművek II.

A paksi – ma **PAKS-I** – erőmű esetében tervezett 4db, egyenként 440MW-os blokk napjainkban már összesen kb. **2.000MW**-nyi teljesítményt szolgáltat.

Az itt megtermelt energia a Hazai termelés **53,6%**-a.





## 2. Tervezői munka befolyásolása

### **Nukleáris erőművek III.**

A tervezés során négy alapvető elvárásra kell alapozni a feladat megvalósítását, emiatt a megtérülés másodlagossá válik:

- földrengés biztos, szilárd alap, lakóterülettől távoli környezet
- nagy mennyiségű-, folyamatosan rendelkezésre álló hűtővíz
- környezeti hatásoktól mentes, védett környezet, a radioaktív szennyezettességű hulladékok ezer éves tárolásának megoldása
- a kiemelt biztonsági követelményeknek megfelelő technológia



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nukleáris erőművek értékelése

Belátható, hogy a nukleáris erőművek elsősorban politikai döntésen, államközi megállapodásokon alapulnak, ezen túlmenően a tervezési- és építési, valamint az üzemeltetési költségek fajlagosan magasabbak, mint bár mely más energiatermelő egységé.

Üzemeltetés megtervezése is jelentős logisztikai feladat, mivel az aktív- és a kimerült fűtőelemek mozgatása épp úgy különleges biztonsági előírásokat igényel, mint a működés során sugárterhelést ért bár mely szerkezeti elem cseréje, javítása, szállítása és tárolása.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nap hő-erőművek I.

A nap hő-erőmű esetében a nap mozgását követő tükörrendszer, a heliostat koordinált mozgatásának segítségével a nap által sugárzott hő-energiát a központi torony épületében elhelyezett - víz helyett fém só oldatát tartalmazó - tartályra fókuszálják.



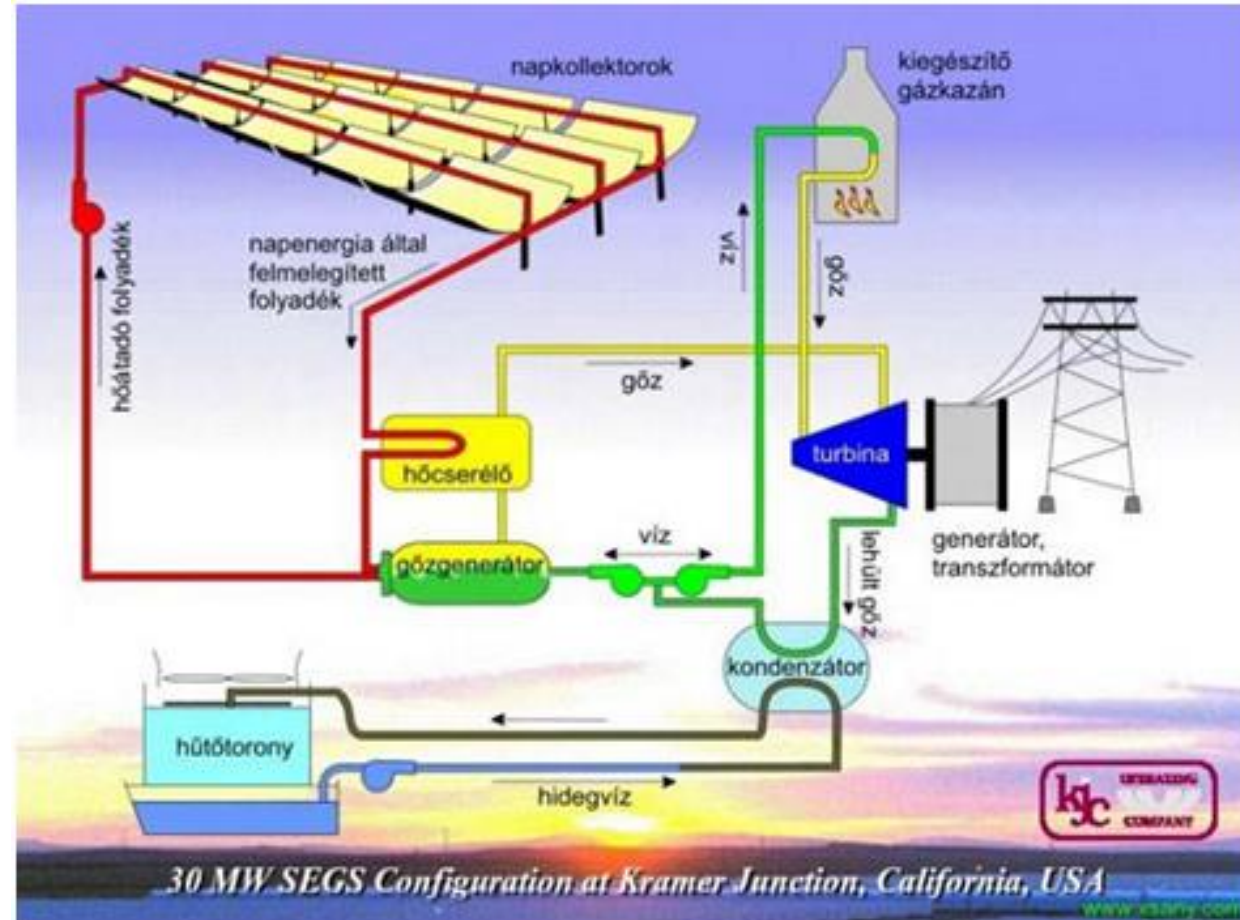


## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nap hő-erőművek II.

A nap hő-erőművek a felmelegített hő-átadó közeg, a só oldat jelentős mértékű hő-tárolása miatt képesek folyamatos villamos energia előállításra is.

A villamos energiatermelés során alap erőműként is hasznosíthatók.



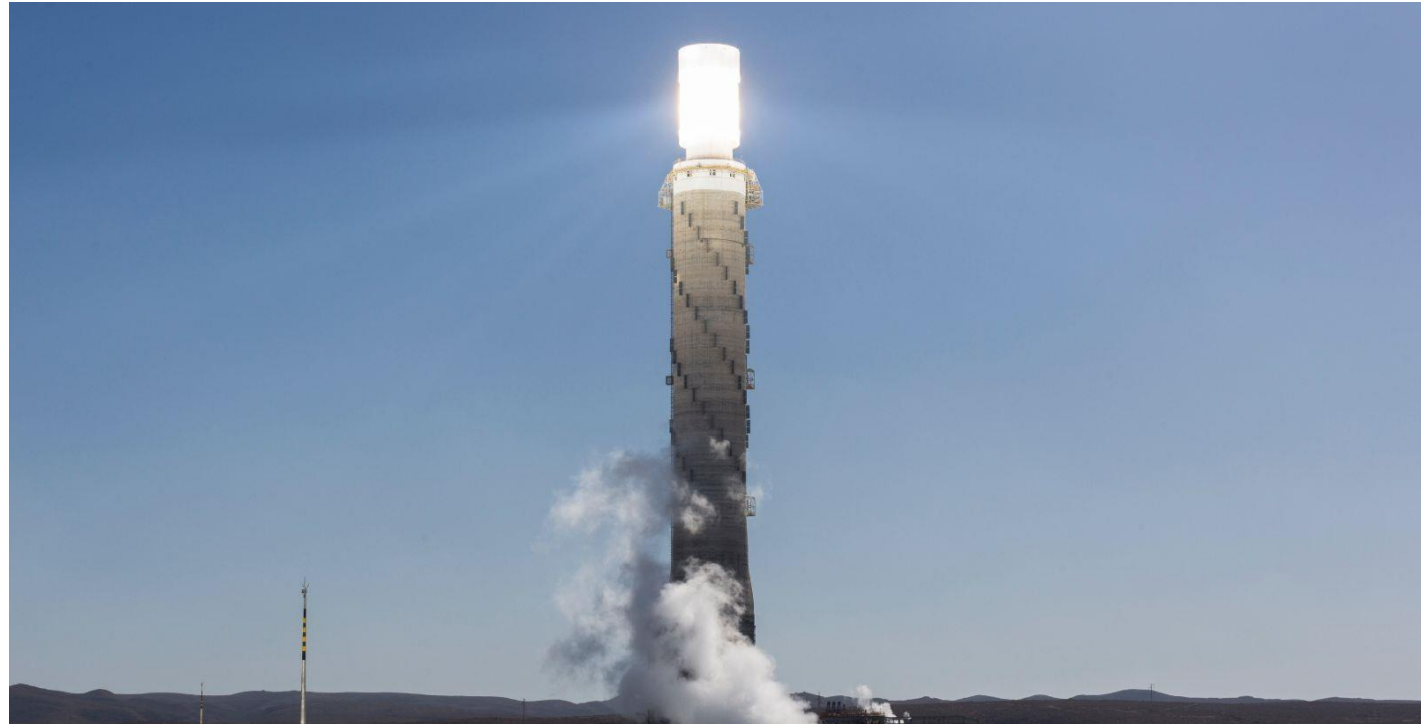


## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Nap hő-erőművek III.

Működési elve, a hő-energia koncentrációja egyben az alkalmazás legnagyobb hátránya.

A fókuszált hő-energia a térség közelében repülő madarak részére egyszerre csalogató, egyben halálos.







## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Vízi erőművek I.

Hazai körülmények között is igen sok változata létezik, úgy mint:

- duzzasztós, pld. a Tiszalöki és a Kiskörei erőmű
- folyóvízi, pld. a Hernádvíz és a Kvassay (Csepel) erőmű
- szivattyús-, tározós, mint a megkezdett, de megghiúsult Bős-Nagymarosi, illetve kiegészítője a Visegrádi tározós erőmű
- árapály-, hullám és tengeráramlati-, szivattyús stb. erőművek



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Vízi erőművek II.

Osztályozás szempontjából még megkülönböztethetünk:

- nagy, 50-2000m esésmagasságú, kis vízhozamú csúcserőművet
- közepes, 15-50m esésmagasságú, víz hozam alapján közepes- vagy nagy hozamú, legtöbbször alap erőműveket
- kis, 15m alatti esésmagasságú, de nagy víz hozamú, állandó üzemű alap erőműveket, illetve
- árapály-, hullám és tengeráramlati erőművek, stb.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Vízi erőművek III.

Hazai viszonyok között a közepes, 15-50m esés-magasságú, és közepes vízhozamú alap erőmű szerepe jelentős. Ennek ellenére - szinte minden pld. Tiszalök esetében – hasznosítása a villamos energia termelésre csak másodlagos cél volt.





## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Vízi erőművek IV.

A kis, 15m alatti esés-magasságú Békésszentandrás, Ikervári és a Gibárti stb. folyami erőmű villamos energia termelése nem jelentős, azonban a fő szerep itt is a vízszabályozásban van.

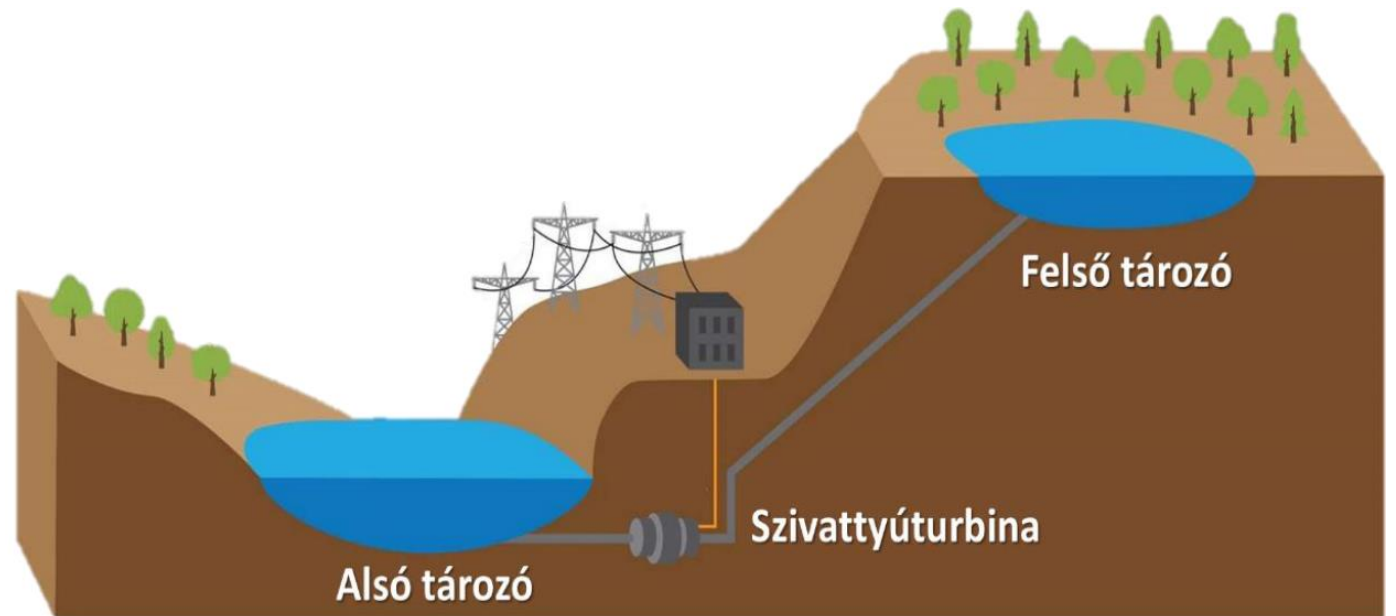




## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Víztározós erőművek

A Bős-Nagymarosi duzzasztott vízerőmű kiegészítő eleme lett volna a Visegrád mellé, Királyszékre tervezett víztározós erőmű. Völgy időszakban a vizet a tározóba emelve, csúcs-időszakban a vizet visszaengedve a helyzeti energiát tervezték hasznosítani.





## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Energia cellás erőművek I.

Legismertebb a **direkt metanol membrános cella**:

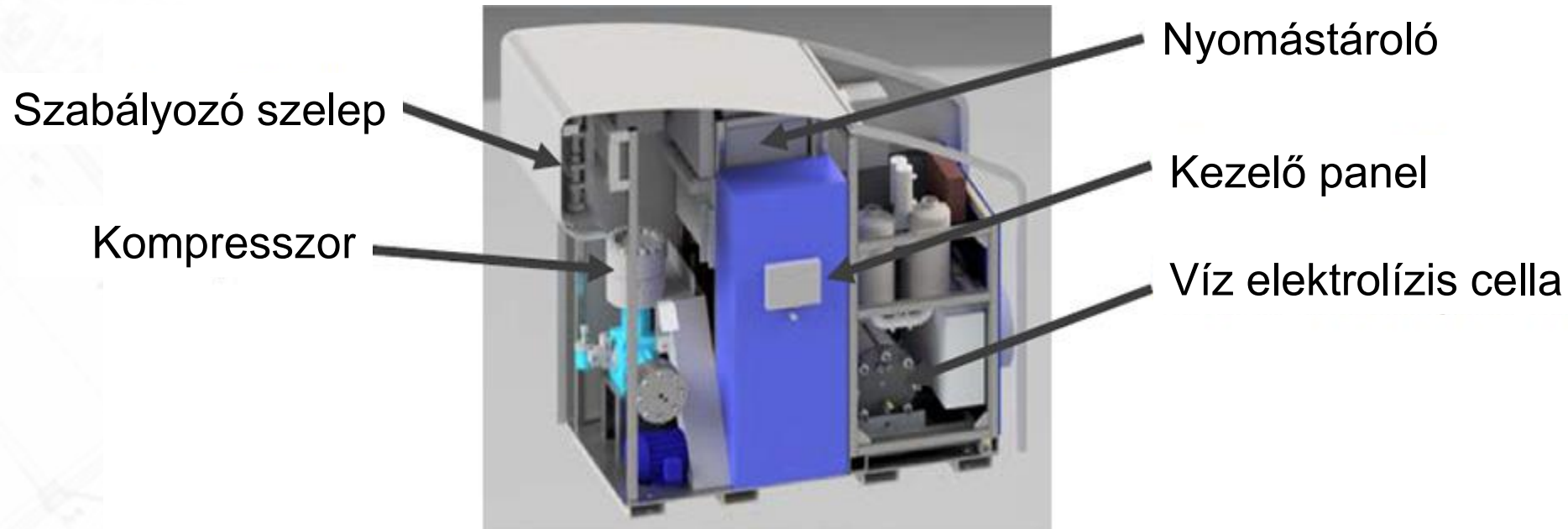
- az áramtermelő módban keletkező  $\text{CO}_2$  újra hasznosítható
- áramot is tárolhatunk, mert a folyamat reverzibilis, megfordítható
- hátránya, hogy gyors terhelés változást nem tudja követni, emiatt dinamikus terheléshez átmeneti tároló - akkumulátor – szükséges
- elektromos energia termelés hatásfoka alacsony, hőszigeteléssel, a maradék hő felhasználásával a hatásfok kismértékben javítható



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Energia cellás erőművek II.

Kísérleti automatikus töltőállomások már létesültek, (TOYOTA) de mind az állomás-, mind a gépjármű, tehát a technológia költséges.





## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Energia cellás erőművek III.

Hazai viszonyok között az üzemanyag cellák töltése nem megoldott.

Megépült az első, kísérleti hajó, de az üzemideje legfeljebb három óra, ezért teljes sebesség esetén is a megtehető távolság igen szerény, mindössze 60km.







## 2. Tervezői munka befolyásolása

### **Energia cellás erőművek IV.**

Az űrkutatás és a haditechnika területén hagyományosan alkalmazzák, jelenleg kísérletek vannak elektronikus berendezésbe, illetve gépjárművekbe történő alkalmazásra. A direkt metanol membrános cella jó kiegészítője lehet a foto-voltaikus energia tárolásának, mivel a napelemekkel termelt villamos energia felhasználható a víz metanollá és oxigénné történő átalakítására.

Ipari méretű alkalmazásakor a metanol visszasajtolható föld alatti tározókba így a jövőben a légköri CO<sub>2</sub> tartalom néhány száz év alatt jelentősen csökkenthető lehet.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Összefoglalás:

Az ipari méretű, alap jellegű energiatermelésre alkalmas alternatív eszközök közül a nukleáris- és a vízi erőműveket a továbbiakban ki kell zárunk, mivel:

- **PAKS-II.** esetében elértük a Duna, mint hűtővíz közeg terhelési határát (túlmelegedés, a biológiai környezet káros befolyásolása)
- nagy vízi erőműveknél a környezeti beavatkozás túlzott mértékű, a csúcserőművek építését gazdasági korlátozás akadályozza



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### **Megállapítás:**

Az alternatív energiatermelő eszközök közül – elvben - tehát már csak három erőműtípus áll rendelkezésünkre:

- szélerőművek
- napelemek, foto-voltaikus (PV) erőművek
- energiacellák

Az energiacellák ipari szintű felhasználása még kísérleti stádiumban van, elterjedése csupán később várható.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Önálló szélerőművek és szélerőmű parkok:

A **253/1997. (XII. 20.) Korm. rend.** 10.§ (4) bek., 25/A.§ (1) bek., 30/B.§ (2) bek. c) pont, 32.§ (1) bek. 5) pont, valamint a **277/2016. (IX. 15.) Korm. rend.** 1.§, 2.§ és 3.§ értelmében a lakóterületek beépítési-, vagy a beépítésre kijelölt terület határától **12km-en belül szélerőmű nem telepíthető**

A háztartási méretű kiserőműnek számító szélerőművek kivételt képeznek a szabály alól, azonban ezek a közüzemi hálózattal nem kapcsolhatók össze, csak sziget üzemben működtethetők.



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### Önálló szélerőművek és szélerőmű parkok:

A 253/1997  
30/B.§ (2)  
(IX. 15.) K  
beépítési-,  
szélerőmű

A háztartá  
képeznek  
kapcsolhatók össze, csak sziget üzemi

**KONKLÚZIÓ**

**Magyarországon 2016.-tól új szélerőmű  
nem tervezhető, nem telepíthető, ennek az erőmű  
típusnak a KÁT engedélyei 2030.-ban lejárnak,  
további sorsuk jelenleg ismeretlen!**

(1) bek.,  
77/2016.  
területek  
en belül

kivételt  
attal nem



## 2. Tervezői munka befolyásolása

**Az elképzelés lényege, hogy a Szolgáltató**  
- egy új, kedvezményesebb árfolyamért cserébe -  
**korlátozás nélkül tölthet be, vagy vonhat el energiát**  
**a magánszemélyek tulajdonában álló eszközökből!**

Önök feltölthetik elektromos autójukat egy tervezett  
– az elektromos autó számára hosszabb –  
útra, de reggel, induláskor szembesülnek a ténnyel,  
a **DSO-nak szüksége volt a tárolt energia egy részére...**



## 2. Tervezői munka befolyásolása

### ÖSSZEGZÉS:

Jelenleg tehát a Hazai viszonyok között jelenleg az alternatív hőforrásra alapozott, hagyományos – pld. biomassa fűtésű-, esetleg kisebb aggregátor jellegű - hő-erőműveken túl alternatív energiatermelés céljából szinte kizárólag a napelemek, a fotovoltaikus (PV) erőművek állnak rendelkezésünkre.

Az irányt legjobban a Mátrai hő-erőmű jellemzi, melynek az ún. „szén vonalát” elbontják, helyette biomassa fűtés épül ki. Az így felszabaduló területeket rekultiválják, azokon PV erőművek épülnek.

# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

## Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 2. résznek

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





### **3. Műszaki előrelátás**

Az azonosságok és különbségek felismerése,  
a zavarelhárítás első lépcsője

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





## 3. Műszaki előrelátás

Jogos kérdés, hogy az erőművek esetében mit célszerű vizsgálunk? Jól ismert elnevezés az „**öko-lábnyom**”, és a „**low carbon**” hatás, azonban ennek megítélése erőmű típusonként változik.

Legismertebb szennyező forrás a hagyományos hőerőmű. Környezetünket terheli a jelentős mennyiségű hő-veszteség, a fosszilis tüzelőanyagok égetésének a szilárd – hamu – és a gáznemű – CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, NiO<sub>2</sub> stb. – melléktermékei, és a nagy mennyiségű, a technológiai rendszerekből levált fém szemcséket is tartalmazó, szennyezett hűtővíz közömbösítése.



## 3. Műszaki előrelátás

Nem sokkal jobb a helyzet, ha az alternatív fűtésű hőerőműveket vizsgáljuk. Továbbra is megmaradt a jelentős mennyiségű hőveszteség, a szennyezett hűtővíz közömbösítése, ráadásul ezeken túl - erőmű típusonként – új szennyező források jelentek meg.

Geotermikus erőműnél a nagy mennyiségű víz sótalanítása és tisztítása, illetve a kivont vízmennyiség pótlása szükséges. Legismertebb, egyben hosszú távon a legnagyobb műszaki-, és technikai veszélyforrást a nukleáris technológia jelenti. Az atomenergia mellékterméke a radioaktív hulladék, melynek bomlási - a sugárterhelés felezési - ideje sajnos csak ezer évben mérhető.



## 3. Műszaki előrelátás

Geotermikus erőművek esetében jelentős energiát kell fordítani

- a föld alatti hőforrás – gejzír – esetében a feltörő nagy vízmennyiség tisztítására, de legtöbb esetben az energia termelés után a vizet még fűtésre hasznosíthatják, majd vissza kell préselni
- kétkörös – cirkuláltatott, zárt rendszerű - hő hasznosításakor a szekunder kör, nagymennyiségű víz biztosítására, illetve
- mind két esetben a primer kör vízmennyiség technológiai felhasználású célra történő tisztítására, a só- és más szennyezőanyag tartalom leválasztására, a korrodált elemek pótlására stb.



## 3. Műszaki előrelátás

Ezek miatt a problémák miatt egy időben igen nagy reményt támasztottak a **nap hő-energiájával** működő hő-erőművekhez.

Sajnos a tervezés során kissé elfeledkeztek koncentrált hő-hatás miatt a toronyban a **850°C-ig hevített olvadt fém só** koncentrátum vegyi aktivitásáról, emiatt a torony belső szerkezetében a technológiai tárolót és cső rendszerét ciklikusan cserélni szükséges.

A költséges technikai rendszer mellett igen nagy gondot jelent a koncentrált hő-sugaraknak az élő világra, a madarakra tett hatása. A koncentrált hő-mennyiség sugárzása eltéríti a vándormadarakat megszokott irányuktól és az erőműnél ténylegesen halálra égnek.



## 3. Műszaki előrelátás

Ezek után úgy vélhetjük, hogy a megoldást a vízi erőművek jelenthetik, hiszen alkalmazásuk során kialakított tározók a mezőgazdaság részére is hasznos vízforrást jelentenek.

Emlékezzünk azonban a Szovjetunióban - Sztálin utasítására - a „Vörös flotta” mozgása érdekében megfordították a vízfolyás irányát. A gigantikus vállalkozás egy óriási gáttal indult, amely a Jenyiszej és a Köves-Tunguszka találkozásánál épült és kelet felé, az Ob medrébe terelte az eredetileg északi irányba hömpölygő folyóvizet. Az Ob felső szakasza, a Csulim és a Tom folyók így egyetlen víztározóvá olvadtak, amelynek mélysége helyenként a 125m-t is elérte és tönkretette a vízkészletet és a mezőgazdaságot.

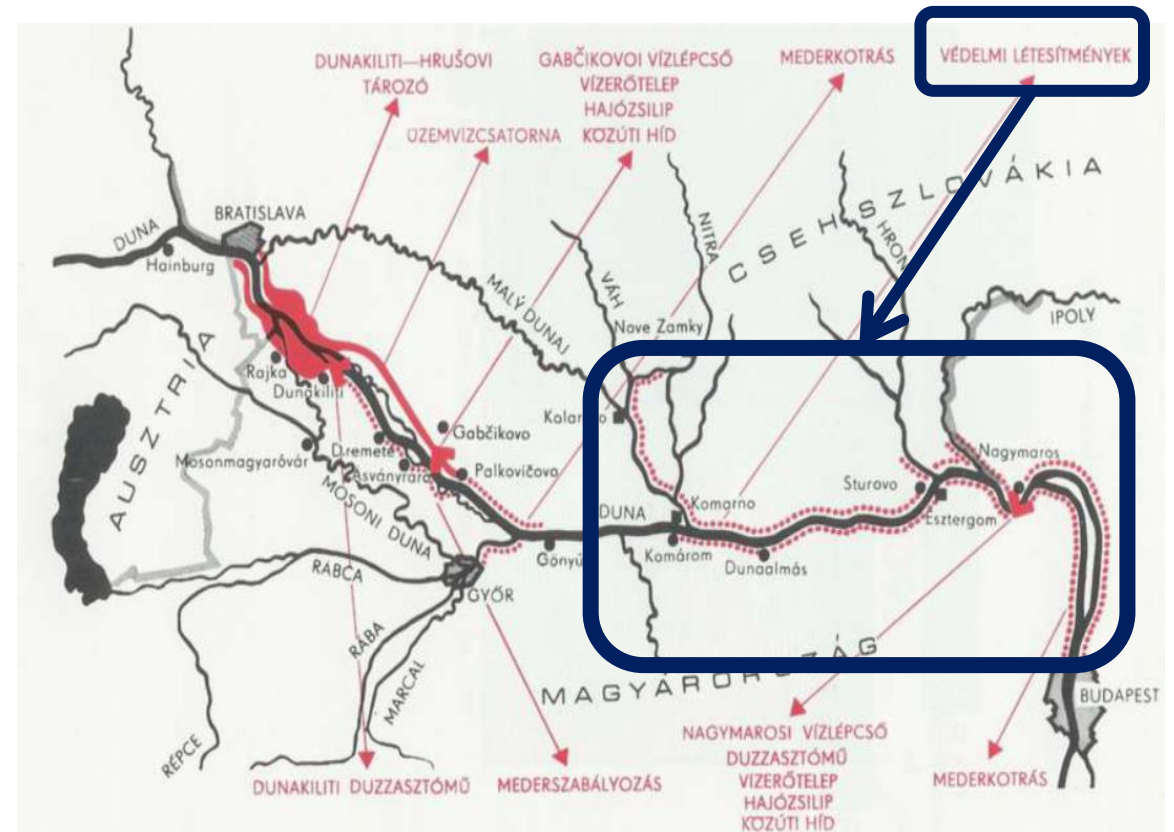


### 3. Műszaki előrelátás

Másik műszaki gond a tározók – pld. a Hoover gát – mérete és sérülékenysége.

Hazánkban a Bős-Nagymarosi erőmű megépítéséhez több ezer méter hosszban, néhol akár 16m magas gátat kellett volna építeni.

Nem nehéz elképzelni, hogy a „védelmi létesítmények” sérülése **okológiai katasztrófát** jelenthet.





## 3. Műszaki előrelátás

Problémáktól mentesnek tűnik a **szélerőművek** alkalmazása. A kb. 120-130m magasban forgó szárnyak által működtetett turbinák termelését a közbeiktatott hajtóművel és a lapátok állásszögének változtatásával lehet igen jelentős tartományban szabályozni.

Az erőműnek a madarakra tett hatását – az állatok nem képesek a szabályos ciklikussággal mozgó lapátokat veszélyforrásként értelmezni – a közelmúlt kutatása megoldotta, ehhez mindössze egyetlen lapát feketére festésével a ciklikusságot kellett megtörni. Sajnos a szélkerék által keltett infrahangot nem lehet kioltani, emiatt a szélerőműveket az emberek lakta területtől messzebb kell építeni.





## 3. Műszaki előrelátás

Kompromisszumos megoldásnak látszik a napelem, illetve a **fotovoltaikus** (photo-voltaikus, PV) erőművek alkalmazása, mely a nap elektromágneses sugárzást hasznosítja. A félvezető rétegbe történő be- és a kilépő elektronok mennyisége közötti eltérés elektrokémiai potenciált hoz létre. A rendezett villamos potenciál szabályozott elektronáramlást, azaz elektromos áramot jelent.

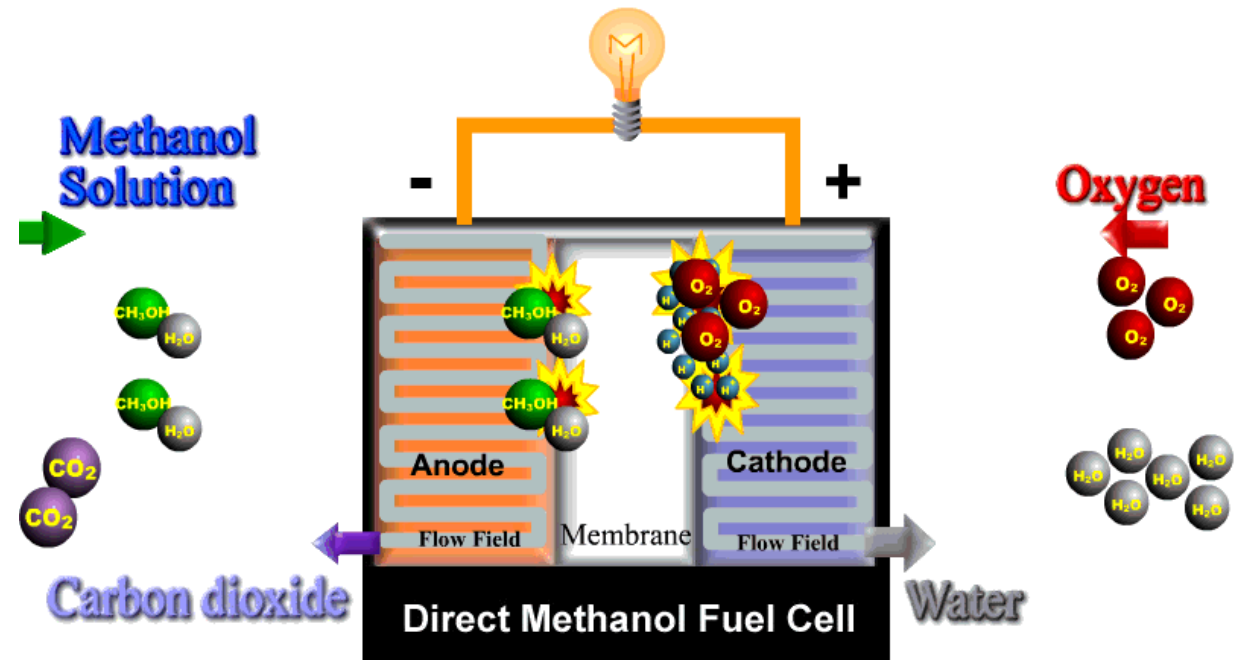
Az elérhető teljesítmény **0,1-0,4kW/m<sup>2</sup>**, de jelentős földterületeket fed el, ezért kísérletek folynak a kisebb hatásfokú, de átlátszó vékonyréteg napelemekkel, illetve sivatagi telepítéssel. Ez utóbbi esetben hosszú energiaátviteli hálózatok kiépítése is szükséges.



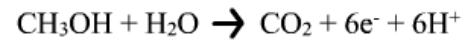
# 3. Műszaki előrelátás

A korszerű megoldás az **energiacella** alkalmazása lehet?

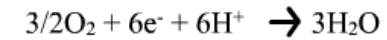
Az energiatermelés melléktermékei -  $H_2O$  és a  $CO_2$  – a környezetünk részei. Reverzibilis folyamat, így a más erőművek által termelt energia és az energiacella inverz működtetésével az eredeti alkotórészek vissza is alakíthatóak.



Overall Reaction at Anode



Overall Reaction at Cathode





## 3. Műszaki előrelátás

Semmi sem tökéletes! Az **energiacella** egyik legnagyobb hibája, hogy az energia átalakulás önfenntartó folyamata csak egy adott teljesítmény tartományban működik, ráadásul a változás sebessége aránylag lassú. Az **energiacella tehát két állapotú – ON / OFF - állandó üzemű, folyamatos termelésre alkalmas**, a változások kiegyenlítésére kiegészítő akkumulátoros energiatárolás szükséges.

Természetesen lehet több, azonos-, vagy eltérő teljesítményű energiacella lépcsőzetes működtetésével változó teljesítményű rendszert is kialakítani, azonban ez jelentősen csökkenti az üzembiztonságot, mivel a működtetése bonyolult vezérlést igényel.



## 3. Műszaki előrelátás

Természetesen a hátrányok mellett – adott körülmények között - minden erőmű típusnak van előnye, mely az alkalmazását indokolja.

A **hagyományos hőerőművek viszonylagos egyszerűsége, a nukleáris erőmű folyamatos rendelkezésre állása, a fúziós-, naphő-, a víz- és a szél erőművek megújuló energiatermelő** egységeinek üzemeltetése a helyi lehetőségek, egyedi vizsgálatok, kísérleti-, továbbfejlesztési- és kutatási célú alkalmazással is igazolhatók.

Az energiacellák hasznosítása még kísérleti stádiumban van, ezért a további elemzésünk során nem tárgyaljuk.



## 3. Műszaki előrelátás

Az **energia cellák** kizárása után csak a **szél-** és a **foto-voltaikus** erőművek vizsgálata marad, mivel minden más erőmű típus alapvetően hő-erőmű, működési elvük azonos, csupán az alkalmazott hőforrás jelent jelentős változást. A hő-erőművek működési- és üzemi tapasztalatai megalapozottak, így – villamos oldalról – az üzemeltetésben nehéz új megállapításokat tenni.

Napi gyakorlatban már csak két erőmű típus vizsgálhatunk, melyek működési paraméterei eltérőek, de sajnos a **szélerőművek esetében** a hatályos Hazai törvényi szabályozás és a **bizonytalan jövőkép** miatt működésük villamos problémái másodlagossá váltak.



## 3. Műszaki előrelátás

Jelen előadásunk során a **foto-voltaikus** rendszerek közül csak az **50kW<sub>PP</sub> feletti, ipari célú erőműveket vizsgáljuk**, bár igazolható, hogy a lakossági erőművek is alapvetően okozói ezen zavaroknak.

Gyártástechnológiája alapján megkülönböztetünk:

- monokristályos
- polikristályos és
- vékonyrétegű, valamint
- amorf napelemet



## 3. Műszaki előrelátás

### A foto-voltaikus rendszerek tervezése:

Elsődleges feltétel, hogy a kiválasztott típusnak telepítésekor meg kell felelnie az **MSZ EN 61730** szabvány és az **55/2016. (XII. 21.) NFM** rendelet előírásainak, ezért az alkalmazott napelem típus hatásfokának meg kell haladnia:

- a **kristályos napelem** esetén a **15%-ot**
- **vékonyrétegű napelem** esetében a **7%-ot**



## 3. Műszaki előrelátás

### Monokristályos napelem:

Egymáshoz hegesztett, jól elkülönülő szilícium rétegekből áll, színe fekete. A cellákat a henger alakú tömbből vágják le, a leggazdaságosabb megoldásnak a nyolcszög kivitelű bizonyult.

A hatásfoka 15-17%, a garancia 25 év, élettartama legalább 30 év. Alkalmazása Hazai viszonylatban most terjed el, mert a gyártása költséges, telepítésekor a tájolásra és a dőlésszögre érzékeny. A szórt napfényt kevésbé, a direkt, közvetlen napsütést jól hasznosítja.







## 3. Műszaki előrelátás

### Polikristályos napelem:

Több cellából épül fel, így több kristály alkotja, színe kékes-lila. Az előállítás kevesebb időbe kerül és lényegesen kisebb a gyártás energiaigénye.

A hatásfoka 14-16%, a garancia és élettartama a mono-kristályos típussal közel azonos. Telepítésekor a tájolásra és a dőlésszögre kevésbé érzékeny, ezért mind a Hazai-, mind a nemzetközi gyakorlatban az egyik legjobban elterjedt típusnak számít.

Hátránya: a hő-terheléseket nem tolerálja annyira, mint a monokristályos panel.



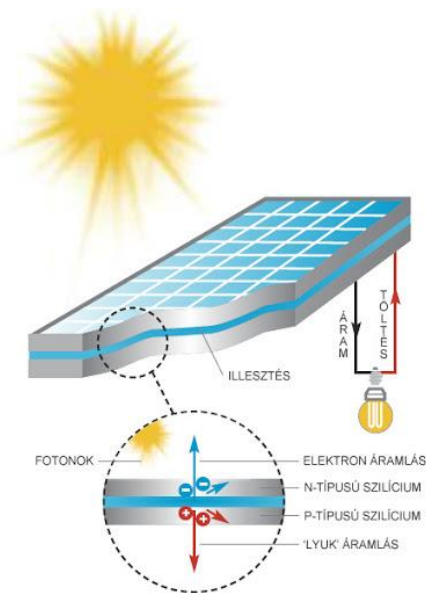


## 3. Műszaki előrelátás

### Vékonyfilm rétegű napelem:

A szilíciumot hordozórétegre gőzölik fel, így a gyártási idő és az előállítási költség jelentősen csökken. A vékonyfilm rétegű napelemek optimális telepítési szöge  $45^\circ$ , azonban  $\pm 15^\circ$  eltérő dőlésszög mellett is képes a névleges teljesítményt szolgáltatni.

A termelés hatásfoka mindössze 6-8%, viszont hőtűrése lényegesen jobb, mint a korábbi típusoké. Főként sivatagos környezetben, magas környezeti hőmérséklet esetén alkalmazzák.





## 3. Műszaki előrelátás

### Amorf napelem:

Nem kristályos napelemekből, hanem **szilán gázból** ( $\text{SiH}_4$ ) állítják elő. A kémiai reakció során a hidrogént leválasztják a szilíciumról, ami üvegre, műanyagra, fémre is felvihető.

A hatásfoka alacsony, mindössze 6-8%, viszont a szórt fényt jobban hasznosítja, mint a közvetlen napfényt. Élettartalma csak kb. 15 év, ezért ott használják, ahol az épületbe integráltan telepíthető vagy nagy terület áll rendelkezésre.





## 3. Műszaki előrelátás

A megfelelő napelem kiválasztása alapvetően a földrajzi viszonyok függvénye, pld. Görögországban és Spanyolországban több direkt sugárzás éri a PV elemeket, mint Magyarországon.

Hazánkban a **poli- és újabban a monokristályos rendszer** terjedt el, mivel az energiatermelést tekintve a két típus teljesítménye közel azonos, bár a monokristályos napelem lényegesen költségesebb.

Az energiatermelést nézve a két típus közötti eltérés Közép-Európai viszonylatban minimális, ezért a beruházáskor a beszerezhetőség, az ár, valamint a gyártó ismertsége alapján történik a kiválasztás.



## 3. Műszaki előrelátás

Láthatóan a Hazai gyakorlat alapján – ipari méretű foto-voltaikus rendszerek esetében – a napelemeket, mint az energia termelő elemeket tekintve az egyes típusok között nincs jelentős eltérés.

A továbbiakban tehát a rendszer következő eleme, a napelemek, mint **egyenfeszültségű áramforrások** és a **háromfázisú, váltakozó feszültségű** hálózat közötti, a DC/AC átalakítást végző invertereket kell vizsgálnunk.

**Definitíve** jelenthetjük ki, hogy minden elektronikus szabályozású teljesítmény átalakító, így a **DC/AC inverter is nemlineáris elem!**

A megállapítás szükségességére később még visszatérünk.



## 3. Műszaki előrelátás

### Inverterek kiválasztása:

Ahhoz, hogy a foto-voltaikus rendszerünket energiatermelésre használjuk, az adott terület Áramszolgáltatója által bevizsgált és műszakilag jóváhagyott **invertereket** alkalmazhatunk.

Az **inverterek teljesítményét** a szolgáltatók **50kW névleges értékben maximálták**, bár 10 évvel ezelőtt is kapható volt nagyobb, 100-500kW névleges teljesítményű egység.





## 3. Műszaki előrelátás

Az Áramszolgáltatói minősítés indoka, hogy a közüzemi hálózatra csatlakozó berendezésnek több műszaki elvárást is teljesítenie kell:

- automatikusan szinkronizálódjon a hálózathoz
- a működésnek üzembiztosnak kell lennie
- alacsony veszteséggel kell üzemelnie
- nem okozhatnak zavarokat a közüzemi hálózaton
- nem zavarhatják a hálózatot az energiatermelés szünetében
- hálózat kimaradása esetén akadályozza meg az energiatermelést



## 3. Műszaki előrelátás

Fogadjuk el az előminősítés indoklását, azonban nem léphetünk át annak negatív hatásain sem.

- Az Áramszolgáltatók - K+F feladaton belül - vizsgáltatták a fotovoltaikus rendszerek, illetve ezen belül az inverterek alkalmazhatóságát, Az értékelés alapján elfogadták, hogy még a viszonylag kis teljesítményű,  **$0,5\text{MW}_{\text{PP}}$  teljesítményhez is már  $10\text{db } 50\text{kW}_{\text{PP}}$  teljesítményű invertert kell alkalmazni**
- Ezt követően újabb K+F munkát kellett készítenni az inverterek párhuzamos kapcsolhatóságára, mivel **az egyes készülékek működésének valós szinkronizálása nem megoldott!**





## 3. Műszaki előrelátás

A párhuzamos kapcsolásról szóló **K+F munka erősáramú szemlélettel** készült és egyszerűen figyelmen kívül hagyta azt a tényt, hogy önálló, nem automatikus szabályozású, nem szinkronizált futású **nemlineáris elemek párhuzamos kapcsolása esetében vizsgálni célszerű a gyengeáramú egymásra hatást és annak következményét, a gerjedést, valamint a járulékos jelenségeket, a sztohasztikus – a véletlenszerű – anomáliák kialakulását.**

A következményekkel – gerjedés – a Szolgáltató gyorsan szembesült, ezért elrendelte, hogy a foto-voltaikus erőműveket beüzemelés előtt az **MSz EN 50160** szerint vizsgálni kell.

# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

## Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 3. résznek

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



# 4. Mérés és vizsgálat

A zavarelhárítás második lépcsője

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





## 4. Mérés és vizsgálat

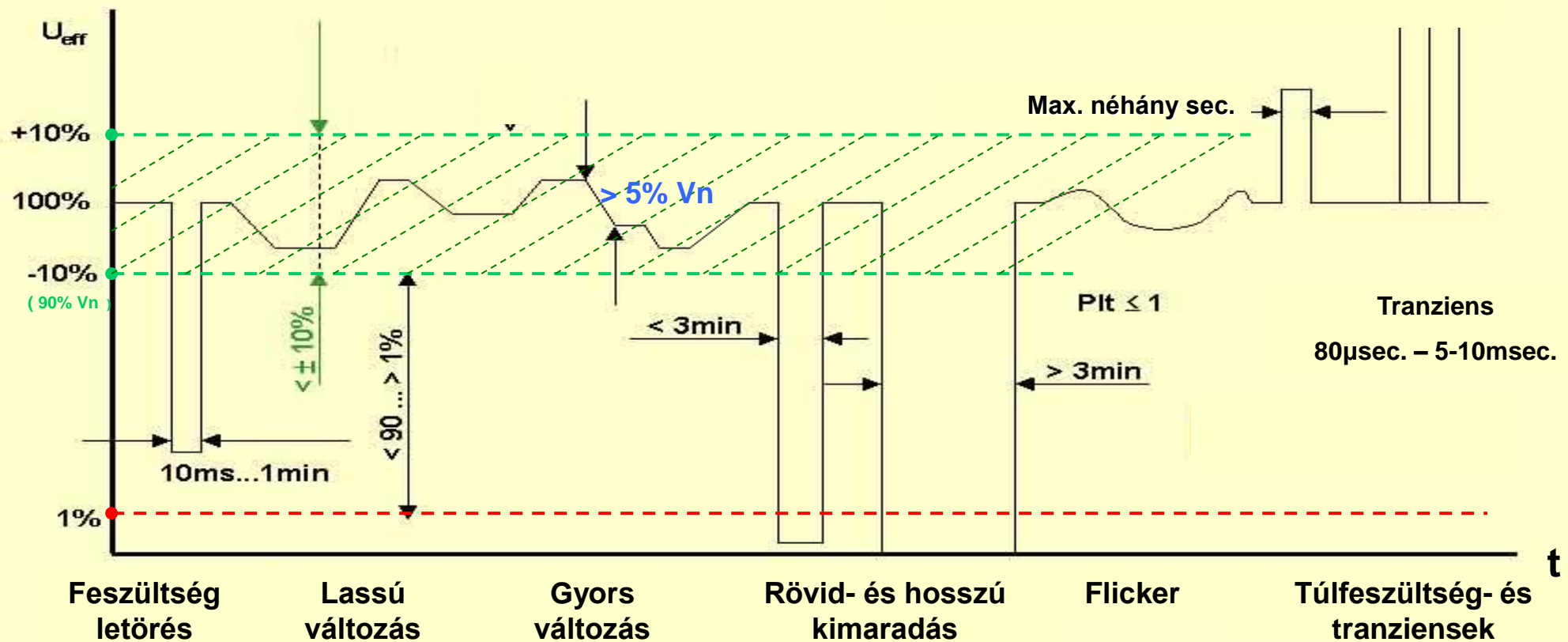
Általában ismert, hogy a villamos hálózat feszültségének műszaki paramétereit **1991. évtől** a **CENELEC 50160** szabvány, illetve a honosításával az **MSz EN 50160** szabvány definiálja, nevesíti

- a **feszültség** letörést és kimaradását
- a **harmonikus zavarkibocsátást** és
- a **flicker jelenségét**, valamint
- a **tranziens** értelmezését



# 4. Mérés és vizsgálat

## Tipikus feszültségzavarok összefoglalása





## 4. Mérés és vizsgálat

Az **inverterek párhuzamos üzemének vizsgálatát** - az erősáramú igény szerint - **néhány készülék összekapcsolásával** végezték:

- a kimeneti **feszültség** pontosságát és letörését,
- a szabályozás pontosságából származó feszültség lengést, a **flicker jelenségét**, valamint
- az elektronikus kimenetek kapcsolási pontosságából adódó **kiegyenlítő áramok**, valamint a lehetséges **tranziens** jelenségek
- hálózati feszültség kimaradása esetén az inverterek **leállási biztonságának** ellenőrzését



## 4. Mérés és vizsgálat

Az **inverterek párhuzamos üzemének vizsgálatát** - az erősáramú igény szerint - **néhány készülék összekapcsolásával végezték:**

- a kimeneti **feszültség** pontosságát és letörését,

**Nem vizsgálták viszont az inverterek, mint nemlineáris elemek közötti gerjedést!**

- hálózati feszültség kimaradása esetén az inverterek **leállási biztonságának** ellenőrzését



## 4. Mérés és vizsgálat

Megjegyezzük, hogy az **MSz EN 62305** villámvédelmi szabvány **négy** káreseményt definiált, a védekezés módját azonban csak az:

- az emberi élet elvesztésének,
- a kulturális örökség elvesztésének kockázatánál és
- a közszolgáltatás kiesésének határozta meg, a negyedik ok,
- **a gazdasági kár az üzemeltetés során lehetséges veszteség, ez elleni védekezést a szabvány így nem vizsgálhatta!**

**A védekezés módját, eszközét és mértékét a Beruházó és a Tervező a technológia ismeretében közösen határozza meg!**





## 4. Mérés és vizsgálat

A sztohasztikus anomáliák bekövetkezésének legvalószínűbb oka az eltérő torzulásokat generáló nemlineáris zavarforrások között kialakuló pozitív visszacsatolás, a **Nulla, PE / PEN**, valamint az **EPH** rendszeren keresztül kialakuló gerjedés. Az **MSz EN 62305** által nevesített „**gazdasági kár**”-ként definiált anomália a **nemlineáris zavarforrások közötti gerjedés következménye!**

**A hatásos védekezés kidolgozásához ismerni kell a gyakran csak feszültség panaszként azonosított anomáliák bekövetkezésének okát és valószínűségét és az események elleni hatékony védekezés eszközeit is!**



## 4. Mérés és vizsgálat

A lehetséges hálózati anomáliák felismeréséhez **négy szabvány és egy szakmai ajánlás magyarázatai együttesen** adnak segítséget:

- **MSz EN 50160** a feszültség anomáliák műszaki megítéléséről
- **HD 60364 (MSz 2364)** ajánlásai a vezetékek terhelhetőségéről
- **MSz 61000** és a **G5/4** az áram jelalak torzulások értelmezésére
- **IEEE Standard 519** a mért adatok megítélésére a lineáris- és a nemlineáris elemek találkozási pontján, bármely környezetben



## 4. Mérés és vizsgálat

A zavarkibocsátás megítéléséhez tehát szükség van a torzulás mértékének vizsgálatára is, mivel ezek kialakulása a nem-lineáris berendezések működésének természetes következménye! A szabványok és a műszaki ajánlás szerint a jelalak torzulás mértéke az arányszám - **THD()** – százalékos értéke, melyet a

$$\text{THD}_0 = \frac{\sqrt{\sum_{f>1}^n i_f^2}}{i_1} * 100 \text{ [%]}$$

A zavarforrások egymásra hatása a gerjedés a kiegyenlítő áram közvetítésével a „**PE**” és az „**N**” („**PEN**”) vezetéken, valamint az egyen-potenciálú hálózaton, az **EPH**-n keresztül történik.



## 4. Mérés és vizsgálat

Az **MSz EN 50160** szabvány szerint a harmonikus zavar meghatározása a mért **pillanatnyi érték %-os** értékével történik. Pld. a harmonikus zavar összesített értékét a **0.-40. tartományban** - **THD(u)** - az egyes összetevők, a nevesített rendszámok még megengedhető arányát a **0.-25. tartományban** értelmezi.

Rendszám alatt az  $f_{(1)} = 50\text{Hz}$  alap frekvencia egész számú többszörösét értjük, tehát a 3. rendszám az  $f_{(3)} = 3 * 50 = 150\text{Hz}$ .

A szabvány rögzíti az értékelési feltételeket is, a mért adatokat **10perces átlagolással** és **95%-os valószínűséggel** meghatározva és „a hét bár mely napján” kell teljesíteni.



## 4. Mérés és vizsgálat

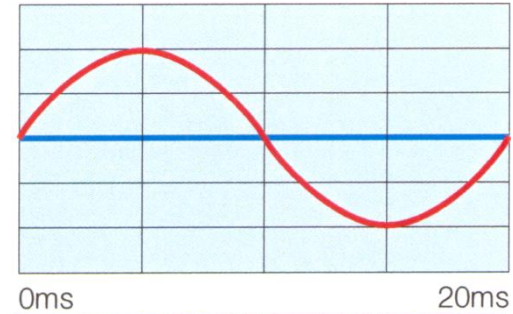
Zavarforrás meghatározása érdekében a **MSz EN 50160** szabvány elégtelen, mivel a feszültség torzulását fogyasztói- és külső zavarok is generálhatják, ezért alkalmaznunk kell **MSz EN 61000** szabványt a fogyasztói által okozott **áram jelalak torzulás** meghatározására. Az áramon mérhető harmonikus zavar összesített értékét - **THD(i)** - a szabvány a **0.-50. tartományban** értelmezi, a megengedhető arányát **≤10%**-ban definiálja.

A **MSz EN 61000** szabvány - az **MSz EN 50160** előírásaival összhangban - rögzíti az értékelési feltételeket is, tehát a mért adatokat **10perces átlagolással és 95%-os valószínűséggel** meghatározva és „a hét bár mely napján” kell értelmezni.

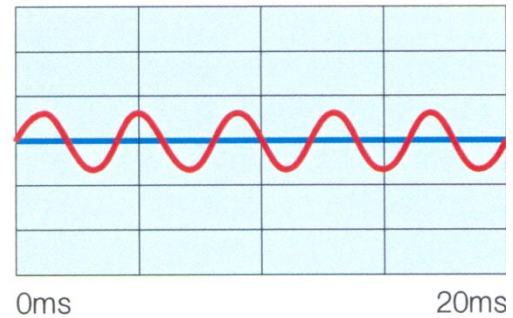


# 4. Mérés és vizsgálat

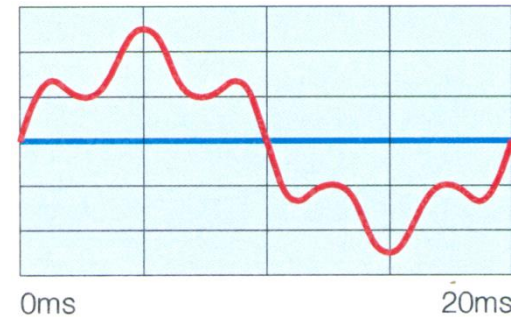
Nézzük meg az  $f_{(1)}=50\text{Hz}$ -es alapjelet:



Ehhez képest a 3. harmonikus  $f_{(3)}=150\text{Hz}$ :



A szuperponálás eredménye a torzult jelalak, mely tartalmazhat DC komponens értékét is!





## 4. Mérés és vizsgálat

**A harmonikus zavar káros a környezetére, mivel hatására**

- **nem működő vagy instabil a vezérlés:** akadályozza a termelés folyamatát, lerontja a termelési üzembiztonságot
- **kapacitívá válik az elosztó hálózat terhelése:** csillapítás nélküli az egymásra hatás, nehezen oltható ívképződés
- **a zavararánnyal növel áram négyzetével nagyobb a hőveszteség:** többlet hűtést igényel, romlik a hatásfok
- magas szintű a „**low carbon**” hatás



## 4. Mérés és vizsgálat

### Összegzés:

**A harmonikus zavar sztohasztikus, véletlenszerű jelenség. Hatására  $(1+(THD(i)/100))^2$  arányában, négyzetesen emelkedik a veszteség, csökken a termelés üzembiztonsága, jelentősen emelkedik az ismeretlen eredetű védelmi és működési anomáliák száma, a „gazdasági kár” mértéke. A zavarforrások objektív megítélése- és a hatásai elleni védekezés csak **tudatos zavarfeltárással, a védekezésre – kompenzálásra – való felkészüléssel, komplex eljárással** lehet eredményes.**

**Megjegyzés: Az EMC nem azonos a harmonikus zavarral!**

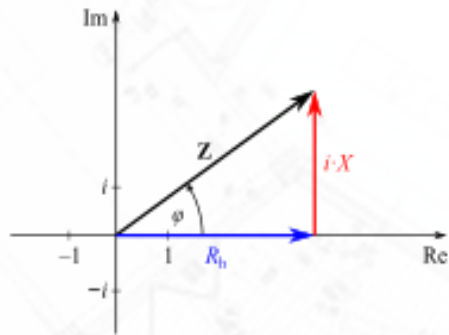




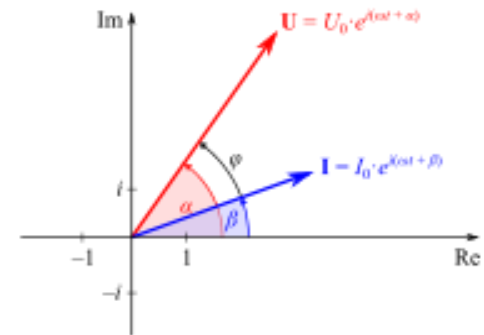
# 4. Mérés és vizsgálat

## Sztohasztikus zavar kialakulási lehetőségének minimalizálása

A **harmonikus zavar** véletlenszerű, mert függ az adott hálózati **impedanciától**, az alkalmazott **technológiától**, a szabályozás, a torzulás összetevőinek **pillanatnyi értékétől**, miközben értéke a különböző hálózati pontok **egymásra hatásának is függvénye!**



$$U = I * Z = I_0 * e^{i*(\omega*t+\beta)} * Z$$





## 4. Mérés és vizsgálat

**Vizsgáljuk meg az egyes összetevők befolyásolhatóságát:**

**a, Hálózati impedanciája csökkenthető** a táppontok számának és teljesítményének és az energiaellátó kábelek keresztmetszetének növelésével. **A kisebb impedancia vektor és az áram vektor szorzatának effektív abszolút értéke is kisebb értékű lesz**, tehát – jelentős és indokolatlan többlet beruházással – kis mértékben csökkenthető a befolyásoló zavarfeszültség értéke is.

**b, Az áram vektor effektív értéke és spektruma technológiai folyamat változtatásával nem befolyásolható**, mivel a módosítás a technológia folyamatba történő beavatkozást jelent, hatása a termék előállíthatóságának, a termelésnek a befolyásolása.



## 4. Mérés és vizsgálat

c, Az egymásra hatás kialakulásának okai lehetnek

- több, önmagában is **domináns zavarforrás**, vagy
- **nagy tömegű**, önmagában nem domináns **zavarforrás** jelenléte,
- több betáplálás esetén transzformátorok **csillagponti potenciál eltolódások** által generált, ismeretlen spektrumú - torzult – kiegyenlítő áramok okozta gerjedések, illetve
- **ezek bár mely kombinációja, beleértve a telephelyen kívüli zavarforrások visszahatását is!**



## 4. Mérés és vizsgálat

Célszerű megjegyezni, a fázis- és a nulla vezeték áramban mérhető torzulás és következménye a gerjedés **sztohasztikus jelenség**

- NEM rendkívüli esemény
- NEM valamely berendezés működési hibája
- NEM gyártói tévedés, vagy méretezési hiba

A harmonikus zavar az elektronikus teljesítményszabályozás, a „nemlineáris” elemek működésének természetes következménye! Az **áramok jelalak torzulása** ún. „**vezetett zavar**”, ennek arányát a **hálózati impedanciával** vagy **kompenzációval befolyásolhatjuk.**



## 4. Mérés és vizsgálat

### Összegzés:

A jelalak torzulás **vezetett zavar**, a zavarforrások egymásra hatása miatt kialakuló sztohasztikus jelenség ezért egyedileg érdemben jelentősen nem befolyásolható! A **hatásos védekezés csak a zavarforrások dominanciájának együttes csökkentésével, komplex módon** lehetséges.

A sztohasztikus jelenség elleni beavatkozás hatékonysága a **domináns zavarforrások számának és teljesítményének a minimalizálásával**, egyedi-, és/vagy csoportos, de **tervszerűen kialakított, komplex szemlélet alkalmazásával** növelhető.



## 4. Mérés és vizsgálat

A gazdasági kár kialakulásának fő oka **a nemlineáris elemek által generált sztohasztikus események következménye**. Veszteség nagysága függ a káresemény bekövetkezésekor történő visszahatás mértékétől-, kiterjedésétől, illetve a zavar időtartamától.

Az **MSz EN 50160** szabvány szerinti vizsgálat eredménye azonban önmagában elégtelen, mivel **az kizárólag a hálózati feszültségen mérhető zavarokat vizsgálja**. Laboratóriumi hálózatok stabilizált feszültsége mellett nem lehet meghatározni, hogy **a magas zavar szintért az energia termelő berendezések, a hálózatra csatlakozó fogyasztók, vagy ezek egymásra hatása a felelős**.



## 4. Mérés és vizsgálat

Vizsgálva az **MSz EN 50160** szabványt a közép- és a kisfeszültségű oldalon definiált, a megengedett zavarértékek arányai azonosak, mivel a **Dy5 kapcsolású transzformátor nem képez érdemi akadályt** a hangfrekvenciás – vezetett - zavarokkal szemben!

**A zavarvizsgálatok során hét csatornás zavarvizsgálati mérést** – mindhárom fázis feszültségének és a fázis- és a nulla vezetékek áramok torzulása – **szükséges elvégezni**, a kapott mérési adatokat

- **egy hetes** mintavételezéssel
- **10perces** átlagolással, illetve
- **95%-os** valószínűséggel meghatározva kell értelmezni



## 4. Mérés és vizsgálat

Vizsgálatra alkalmas műszer pld.: **EQUA Wally\_ip** és a **Wally A<sup>3</sup>**

- 7csatornás, 0,5% ill. 0,1% mérés
- 500MB, ill. 2GB-os memória
- mintavételezés 20msec-től
- 24-48 tárolt hálózati paraméter
- minden csatornán a jelalakok, valamint 0.-50. harmonikus összetevők adatainak tárolása







## 4. Mérés és vizsgálat

Az **IEEE Standard 519** a páratlan harmonikusokat vizsgálta és azokat tartományokra bontva értelmezte úgy, hogy a mérési ponton:

- **$h < 11$**  egyetlen, domináns zavarforrás
- **$11 \geq h < 17$**  több, egyenként is domináns zavarforrás
- **$17 \geq h < 23$**  több, egyenként nem jelentős zavarforrás
- **$23 \geq h < 35$**  a környezetben több, domináns, egymással kölcsönhatásban álló zavarforrás
- **$35 \geq h$**  a környezetében több betáplálás, domináns és / vagy másodlagos zavarforrás egymást befolyásolva üzemel



# 4. Mérés és vizsgálat

Az **IEEE Standard 519** ajánlásai az  $I_{SC}/I_L$  függvényében:

$I_{SC} / I_L$ Arány	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD Határérték
<b>&lt; 20</b>	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	<b>5%</b>
<b>20 &lt; 50</b>	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	<b>8%</b>
<b>50 &lt; 100</b>	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	<b>12%</b>
<b>100 &lt; 1000</b>	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	<b>15%</b>
<b>1000 up</b>	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	<b>20%</b>

$I_{SC} / I_L$  = A zárlati- és a védelem névleges áram értékének az aránya



## 4. Mérés és vizsgálat

A szabványok ismeretében vizsgáljuk meg az egyes erőmű típusok zavarkibocsátását:

A **szélerőművek** környezetvédelmi szempontból és kialakításúak, valamint az erőműi oldal tekintetében a legismertebbek. Termelésük egy **szélcsatornában** közel állandó, a jelenlegi fejlesztések – az erőmű magasságának 250m fölé való emelése - még azonos lapátméretekkel is közel 40%-os teljesítmény növekedést jelent, ezzel gazdaságosabbá teszik működésüket.

Az élővilágra gyakorolt hatásuk is minimális, ezért alkalmazásuk legnagyobb üzemeltetési kihívása a hosszú kábelvonalak kapacitív terhelése, illetve a nem szabályozható energiatermelés folyamata.



## 4. Mérés és vizsgálat

Egyszerűsítésünkben ki kellett zárnunk azokat az erőmű típusokat, melyekre összetettségük miatt csak jól képzett, specializált tervező csapatok vállalkozhatnak, ilyenek voltak a hő-, a nukleáris, a geotermikus-, a nap-hő illetve a vízerőművek.

Sajnálatos, hogy a hatályos Törvényi szabályozás alapján a szélerőművek újként nem tervezhetők, mivel a KÁT engedélyeik 2030.-ban lejárnak, bár az elemzéseink- és a vizsgálataink megállapításai rájuk is érvényes.





## 4. Mérés és vizsgálat

A **foto-voltaikus** rendszerek jelenleg szinte korlátlanul tervezhetők, a hatályos szabályozás, a **2007. évi LXXXVI.** törvény – VET – szerint a teljesítménye alapján megkülönböztetünk:

- legfeljebb **50kW<sub>pp</sub>** teljesítményű, **háztartási méretű** erőműveket (HMKE), melyek egyszerűsített engedélyezéssel és a megtermelt energia kötelező átvételével – KÁT - üzemelhetnek, valamint
- kisebb, mint **500kW<sub>pp</sub>** teljesítményű **kis erőműveket**, ezeket a területi Áramszolgáltató köteles elbírálni de 3.000m-ig a csatlakozó vezetéket díjmentesen köteles megépíteni és üzemeltetni



## 4. Mérés és vizsgálat

A **foto-voltaikus** rendszerek harmadik kategóriája az **500kW<sub>pp</sub>** vagy nagyobb, a villamos energiaipari felhasználásra, más fogyasztók ellátására alkalmas teljesítménye. Ezek létesítéséhez, telepítéséhez a Kormányhivatal Mérésügyi és Biztonsági Hatóság építési-, a közmű hálózatra történő csatlakozáshoz a területi Áramszolgáltató engedélye szükséges.

Az **1MW<sub>pp</sub>** teljesítményű erőmű telepítéséhez kb. **2,6ha** terület és kb. **900eEUR** beruházás szükséges. Az üzemeltetés általánosan ismert problémája a napenergia korlátozott időtartamú rendelkezésre állása, valamint - nagy területen megvalósuló PV esetében – a KÖF csatlakozó kábelének túlkompenzáltsága.



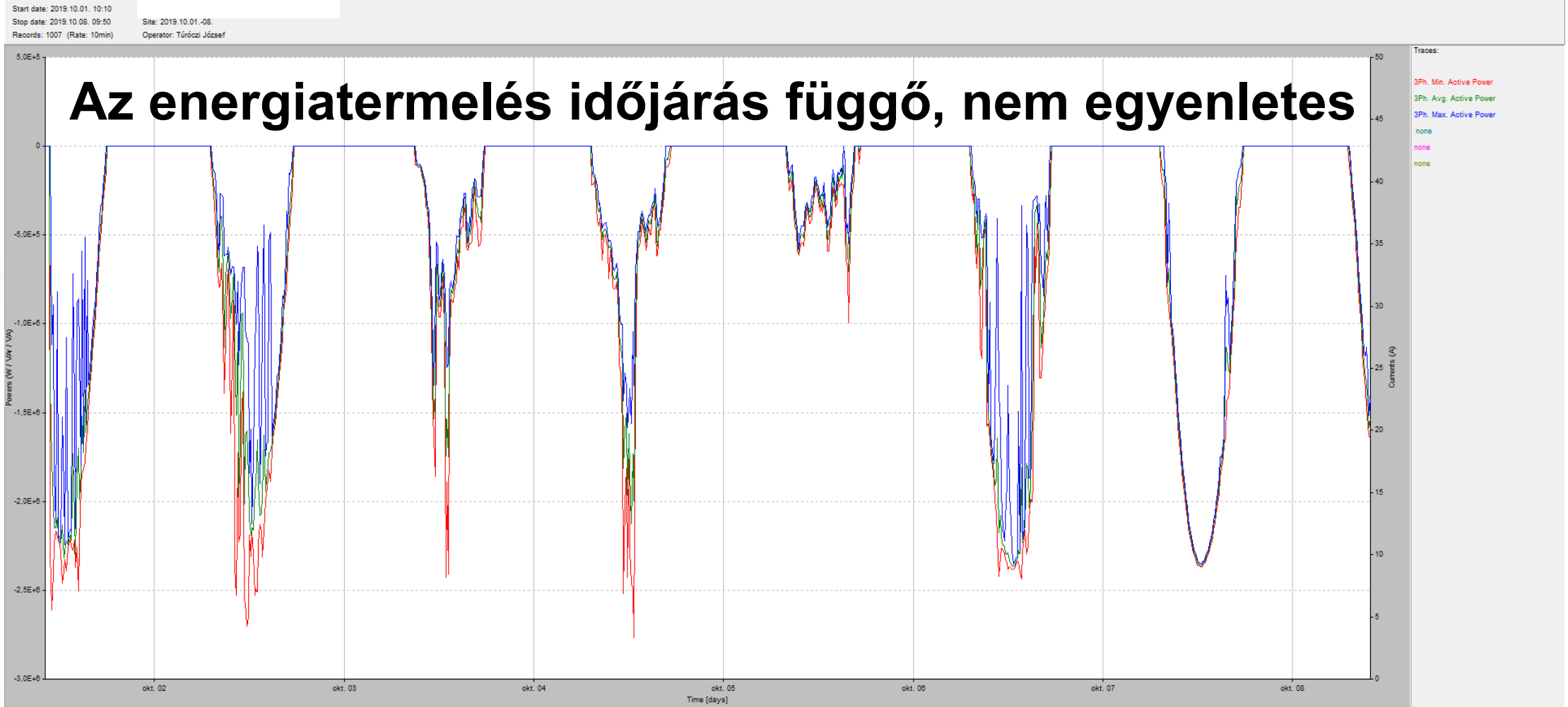
## 4. Mérés és vizsgálat

Emlékezzünk, hogy a **foto-voltaikus rendszerek** – napelemes energiaforrások - is **jelentős zavarforrásként működnek**, mivel:

- a napelemek DC feszültségű erőforrások (feszültség generátorok)
- az **AC/DC inverterek** kimenete aktív elektronikus teljesítményszabályozó, több invertert alkalmazva azok már **párhuzamosan üzemelő, nem szinkronizált, tehát gerjedő zavarforrások**
- a KÖF hálózaton mérhető áram fogyasztói-, vagy az inverterek miatt torzult, zavarral terhelt **változó, kapacitív meddőterhelés**



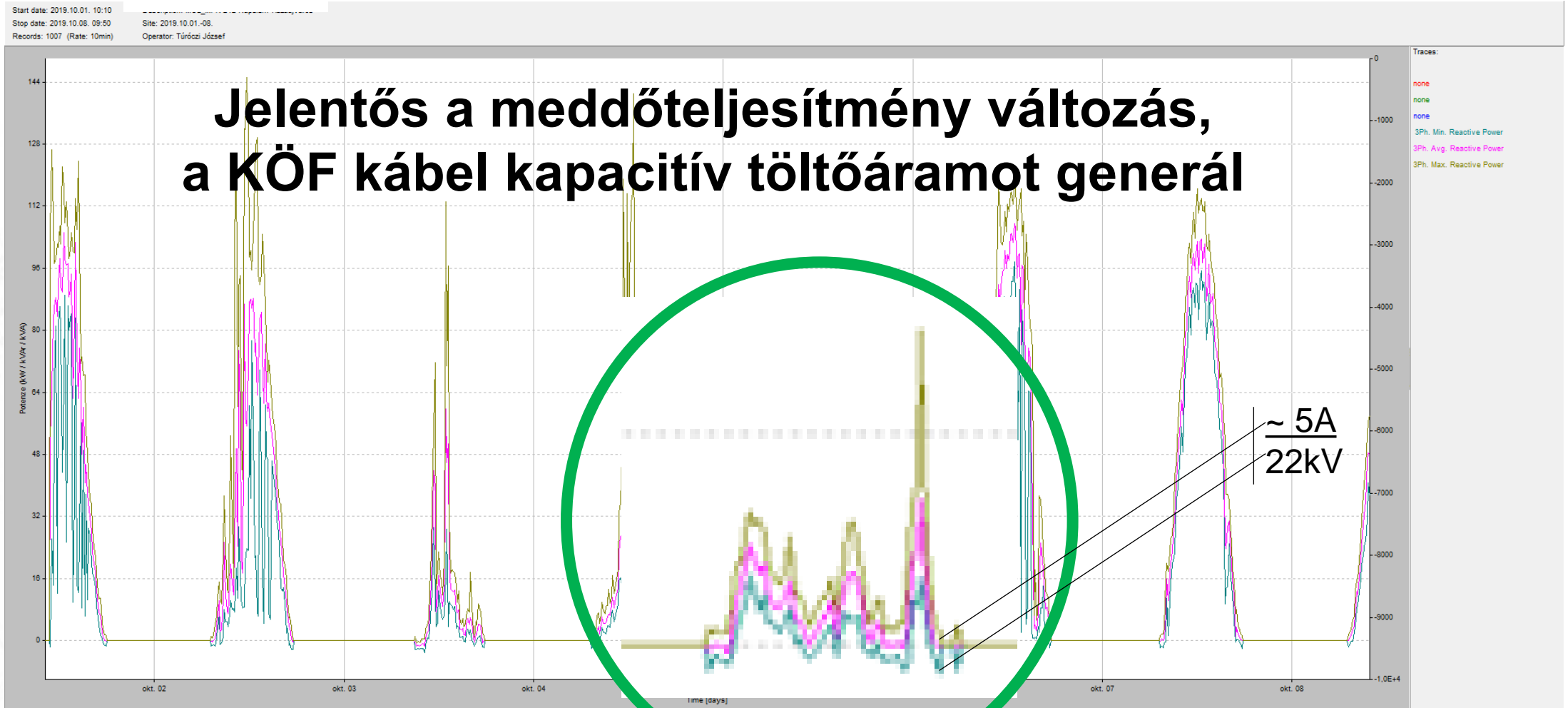
# 4. Mérés és vizsgálat





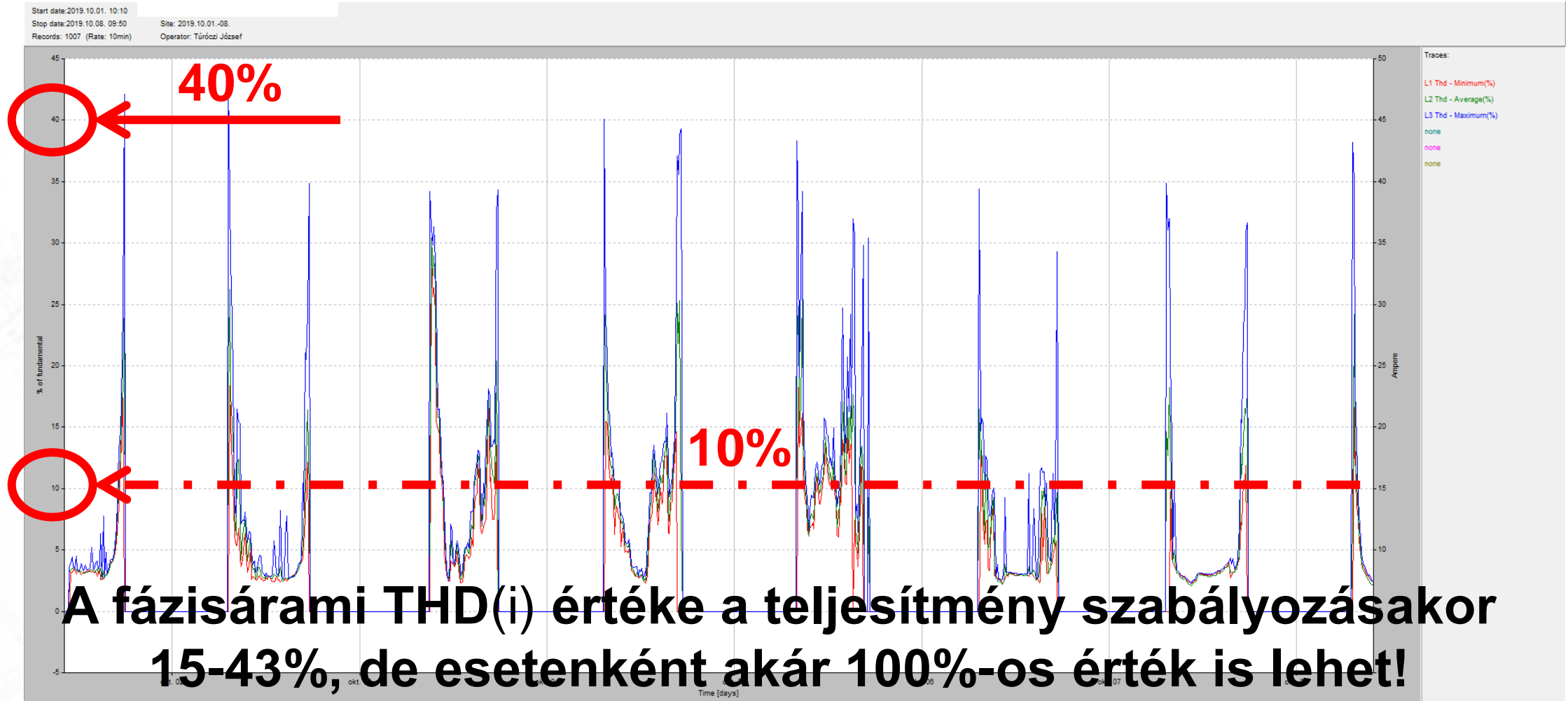


# 4. Mérés és vizsgálat





# 4. Mérés és vizsgálat





## 4. Mérés és vizsgálat

### Zavarkibocsátás a termelő PV rendszer esetén:

- az inverterek között gerjedési jelenségek alakulnak ki (PEN, EPH)
- az ellátott fogyasztók lehetnek zavart generáló nemlineáris elemek
- a terhelés induktív-, vagy kapacitív meddőteljesítmény is lehet

### Zavarkibocsátás a nem termelő PV rendszer esetén:

- az inverterek kimenete – mint nemlineáris elem - zavart generál
- a KÖF bekötő kábel jelentős kapacitív töltőáramot igényel



## 4. Mérés és vizsgálat

A **harmonikus zavarkibocsátás**, mint az egyik – akár domináns méretű - zavarforrás tehát **a foto-voltaikus rendszeren belül-és/vagy azon kívül generált jelenség is lehet!**

A **megkülönböztetés határaként** a KÖF hálózathoz történő kapcsolódás, pontosabban **az elszámolási fogyasztásmérő mért, a PV oldali csatlakozási pontját értjük.**

A másik két lehetséges zavarforrás a **túlkompenzált KÖF hálózat**, illetve az erőmű **szabályozatlan üzemeltetéséből** következő gyors terhelés-, illetve következménye a **frekvencia változása, lengése.**



## 4. Mérés és vizsgálat

**Értelmezzük az adatokat:**

A frekvencia változás okozója a termelési teljesítmény gyors és szabályozatlan változása. Az alternatív **erőforrások termelésének növekedése** gyorsan csökkenti az alap üzemű generátorok terhelését, felgyorsulásuk a **frekvencia növekedését** eredményezi.

Sajnos a jelenség fordítottan megismétlődik, ha **az erőforrások termelése megszűnik**, vagy erőteljesen csökken, ekkor a terhelés újra a generátorokra hárul, a **lassulás a frekvencia csökkenését okozza**.



## 4. Mérés és vizsgálat

Értelmezzük az adatokat:

**Emlékezzünk, a KGST VERE rendszerének hibájára!**

Abban az időszakban egy másik tagország, Csehszlovákia ellenőrizhetetlen fogyasztói terhelésváltozásai okozták a Hazai hálózat frekvencia változásait, az  **$f \neq 50 \pm 0,1 \text{ Hz}$**  jellemzőket!

**Jelenleg az alternatív energiatermelés szabályozatlansága okoz frekvencia szabályozási anomáliákat a hálózaton.**



## 4. Mérés és vizsgálat

Az alternatív, nem állandó üzemű energiaforrások - mint a **fotovoltaikus** rendszerek - naponta legalább kétszer, illetve az időjárás miatt akár naponta több alkalommal is jelentős mértékben változtatják teljesítményüket.

Kiegyenlítése az **automatikus frekvencia szabályozás (AFC)**, mely képes a termelésváltozással ellentétes terhelés generálására.





# 4. Mérés és vizsgálat

## Megállapítás:

A **2007. évi LXXXVI. Törvény**, a VET szabályozásait - beleértve a folyamatban lévő 3.1.9 6B számú módosítást is - **peremfeltételként célszerű** kezelni!

Az alternatív erőművek esetén is **a rendszer szintű gondolkozás és előrelátás** a beruházási érték többletköltségét igényli, azonban **lehetőséget biztosít a sztohasztikus – gerjedési – események, a gazdasági kár megelőzésének, a káresemény bekövetkezési valószínűségének és mértékének a csökkentéséhez**, valamint a **szükséges kompenzálás kiépítéséhez**.





## 3. 4. Mérés és vizsgálat

Így válik egyértelművé, hogy miért volt elégtelen az Áramszolgáltatók azon törekvése, hogy laboratóriumi keretek között vizsgáltassák az esetleges gerjedések kialakulását.

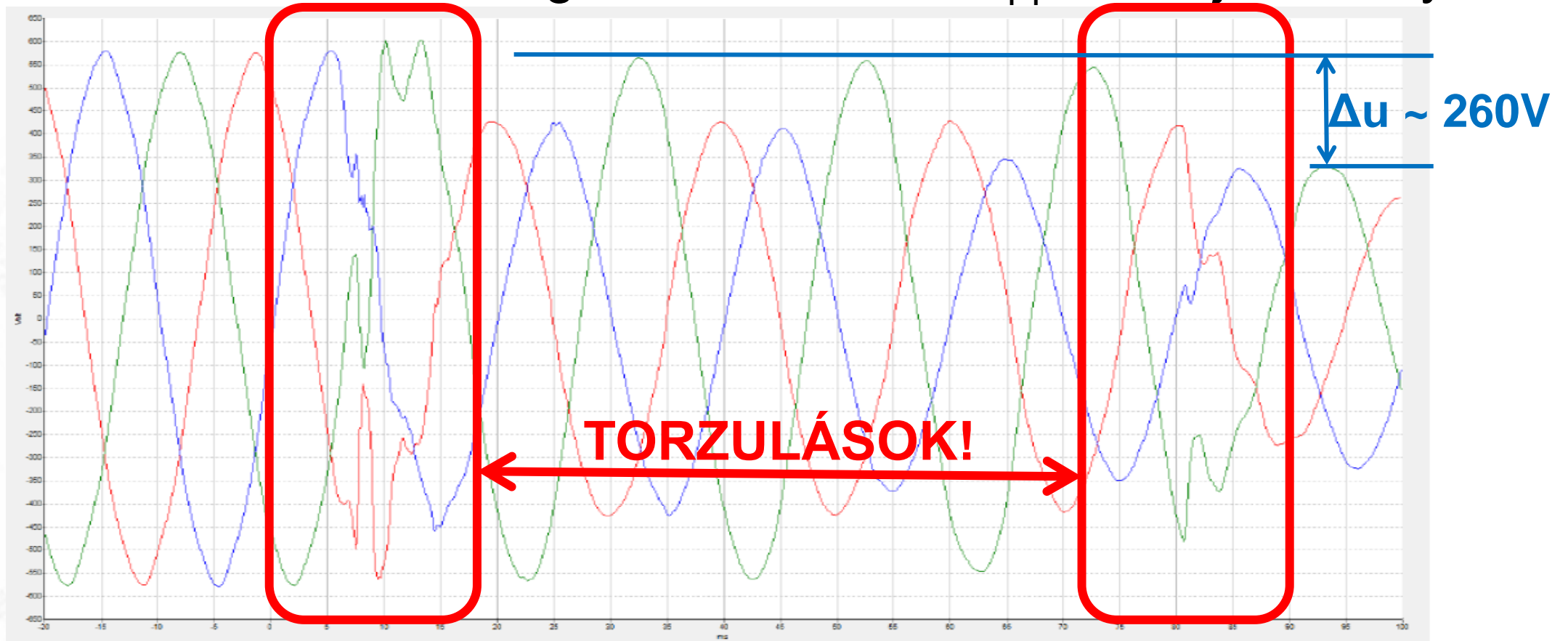
A felhasználónak a bevizsgált termékek működését - elvileg – már nem kell ellenőriznie, hiszen a megfelelőséget a termék Szolgáltató részéről történő bevizsgálása után a **típusengedély** garantálja.

A gyakorlatban bizonyítottá vált, **a típusengedéllyel rendelkező, de nagyobb számban** – pld.  $5\text{MW}_{\text{PP}}$  esetében 100db 50kW-os invertert és 10db 630kVA-es transzformátort igényel! - **telepített nemlineáris berendezés** adott környezetben történő működtetése **nem megfelelő hálózati paramétereket eredményez(het)!**



## 3. 4. Mérés és vizsgálat

Jól látható a fázisfeszültség változása  $500\text{kW}_{\text{PP}}$  PV teljesítménynél:



# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

## Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége a 4. résznek

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



# 5. Kompenzálás, zavarelhárítás

A kompenzáló eszközök és azok kiválasztása

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Méréseket végezve meghatároztuk a **foto-voltaikus** erőművekhez szükséges kompenzáció értékét, amely kisméretű, max. **500kW<sub>pp</sub>** erőmű esetén **30÷60kVAr harmonikus** zavarteljesítményre, míg a közepes, kb. **5MW** teljesítményű erőmű esetén átlagosan:

- **580kVA harmonikus** zavarteljesítményre, illetve kb.
- **280kVAr kapacitív meddőteljesítmény** értékre adódott

A mérésekre alapozott számítások eredménye tehát jelentős mértékű **kompenzációs teljesítmény igényét** határozta meg.



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A nemlineáris elemek generálta harmonikus zavarok kompenzálása ma már egyszerű feladat, **alkalmazzuk az aktív harmonikus szűrőt.**

Az eszközt azonban meglévő erőműnél csak az ellenőrző mérést követően, utólag lehet beépíteni. Az elhelyezést szabadtéri elosztóba, tipizált szabványos műanyag elosztószekrénybe célszerű megvalósítani.

A hő-technikai számítások eredményeként - aktív szellőztetést alkalmazva is - **legfeljebb 1,5-1,6kW hő-vesztés engedhető meg.**



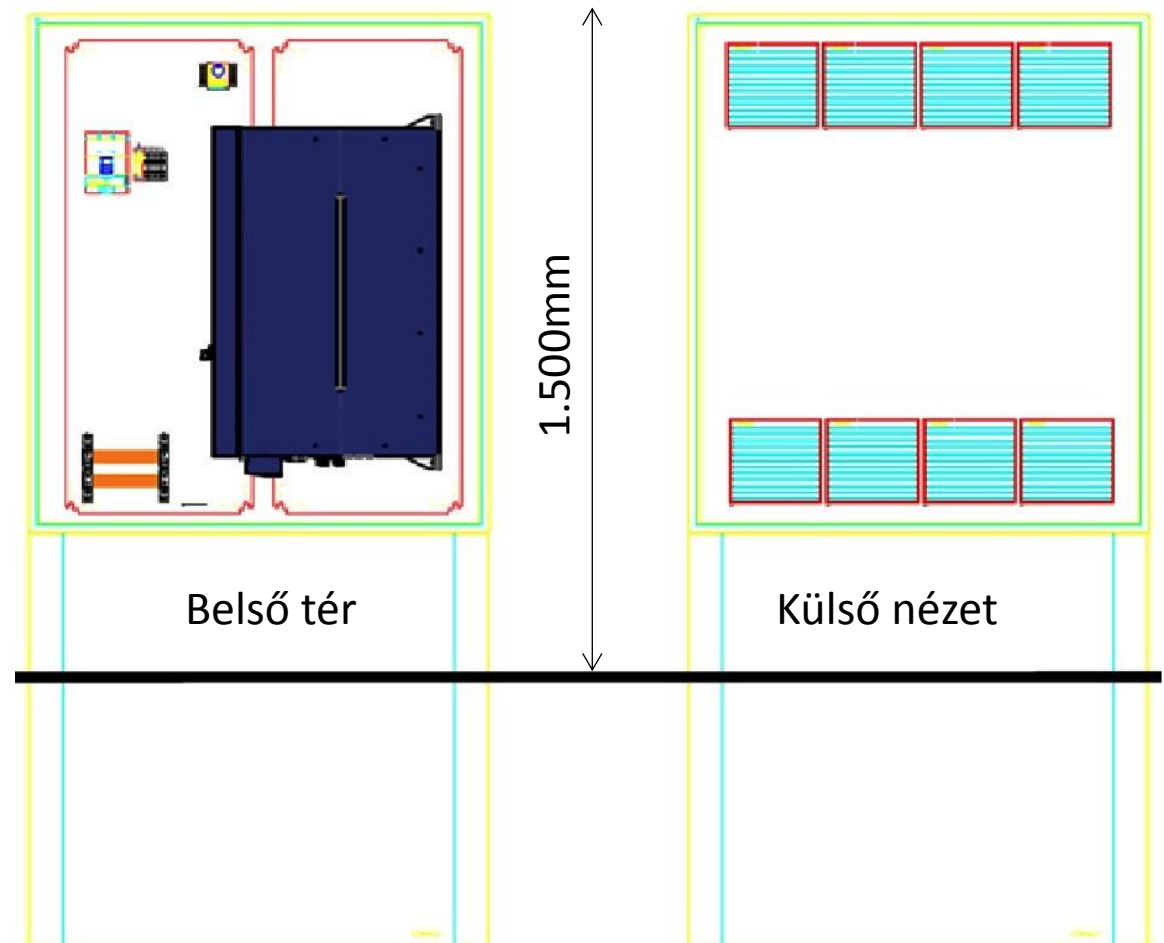


# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

**500kW<sub>PP</sub>** teljesítmény átvitelének megvalósítása esetén a zavar- és a meddőkompenzálás egyszerű. **Standard** méretű, kültéri elosztószekrénybe  **$I_H \leq 100A_{eff}$**  fázisárami és  **$3 \cdot I_H$**  nulla mértékű kompenzáló egység beépíthető, ha a **hővesztesége kisebb a maximális teljesítmény\* 2,3%-nál!**

**\* Megjegyzés:**

Egyes forgalmazók valótlan adatként az „üzemszerű”, a névlegesnél kisebb terheléskor mért veszteség értékét hasonlítják össze a névleges teljesítménnyel. Ez csalás, a felhasználók tudatos megfélemlítése!





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A definiált elosztóban alkalmazott aktív szűrő modulárisan bővíthető, és alkalmas a **0,5-1MW<sub>PP</sub>** teljesítményű, valamint az **1MW<sub>PP</sub>**-nél nagyobb névleges teljesítményű foto-voltaikus erőművek KÖF hálózathoz csatoló, tipizált **≤1MVA** teljesítményű transzformátorainál a 0,4kV-os feszültség szinten mért **harmonikus zavarterhelés**, illetve a nemlineáris elemek – inverterek – generálta **kapacitív meddőteljesítmény** egyidejű kompenzálására.

Még nem oldottuk meg a terheletlen KÖF bekötő kábelek kapacitív terhelését, melyet Szolgáltatói oldalról **22kV**-os feszültség szinten **kábelenként 20A<sub>eff</sub>**, de **legfeljebb 40A<sub>eff</sub>** értékben határoztak meg.





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

**500kW<sub>PP</sub>** feletti teljesítménynél az egyszerűsített kompenzáción túl indokolt a termelés egyenletességének kialakítása is, ehhez az erőmű napi, maximális energia-termelésének legalább a **60%-t** elérő tároló kapacitás kiépítése szükséges. Ekkor a termelés a névleges érték max. 40%-os szintjén a 0-24 órában egyenletes (Base load).

**A Beruházó részére ez többletköltség, de a termelt energia eladási értéke is magasabb!**





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A hatályos törvényi szabályozás **500kW<sub>pp</sub>** felett sem kötelezi a foto-voltaikus rendszer építőjét a termelés szabályozására, emiatt a napszaki- és időjárás függő termelésváltozás folyamatosan növekvő, **kiegyenlítetlen** termelésváltozást okoz!

A MAVIR honlapján elérhető, publikus adatok alapján a jelenlegi a  **hazai energiamérleg mindössze 1.000-2.200MW hiányt mutat!** Ezzel szemben Magyarországon az engedélyezett **foto-voltaikus** erőműi teljesítmény

- 2030.-ig 6.000MW és
- 2040.-ig 14.000MW!



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

**PAKS-II.** két, **VVER-1200** típusú, **2\*1.200MW** termelése mellett a **PV-k** tervezett **14.000MW<sub>PP</sub>** teljesítményének indoka lehet **az alapvető villamos energiatermelés függetlenítése az EU rendszerétől!**

Ebben az esetben már **DSO** szinten is biztosítani kell a **PV** egységek energiatermelésének „**base load**” szolgáltatását!

**- 2040.-ig 14.000MW!**



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A **ZIKOP-4-3-1** felhívás témája *„Időjárásfüggő megújuló energia-termelők integrációját szolgáló intelligens villamosenergia-hálózat-fejlesztések és a villamosenergia-rendszer rugalmasságának növelése”*, azonban **tartalma műszakilag az alállomások- és a kapcsolt hálózatfejlesztéseket preferálja.**

A jelenlegi, kb. 340db alállomáson túl a tervezett PV teljesítmény kb. **80db új, 100MW-os alállomást igényel**, melyek kihasználtsága

- téli időszakban mindössze **0-40%**
- nyári időszakban **0-100%** között ingadozik

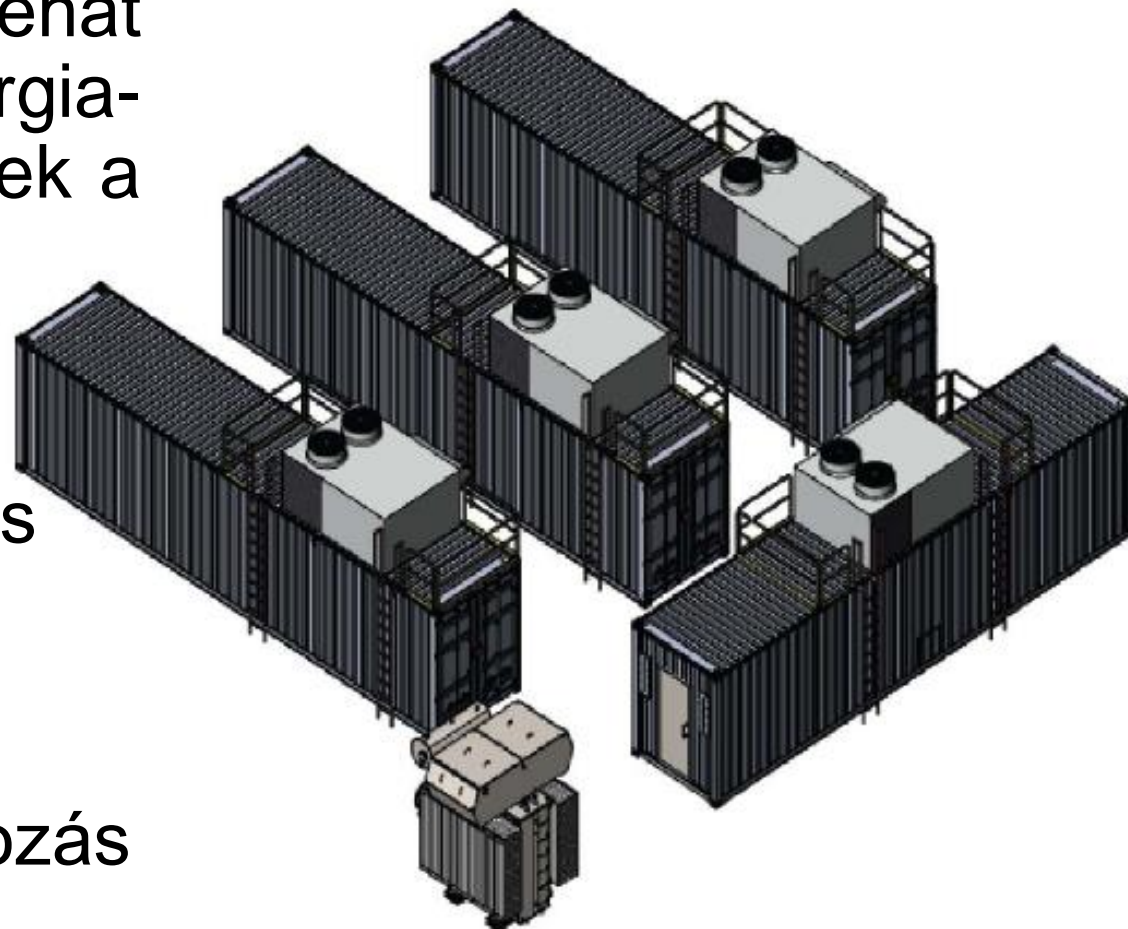
**Éves szinten a kihasználtságuk alig éri el a 30%-os értéket!**



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A hatékony beavatkozáshoz tehát nagy egységteljesítményű energia-tárolók építése szükséges, ezeknek a paramétereit definiálhatók:

- **5-40MW** csatlakozási, illetve
- legalább  $\frac{4}{4}$  **órás** tároló kapacitás
- elvárt **10 éves EOL élettartam**
- rövid idejű, **5-6 éves** megtérülés
- automatikus frekvencia szabályozás





# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Meg kell jegyezni, hogy jelentős kutatások folynak matematikai analízisre alapozott menetrendi szabályozás megvalósítására is. Különböztessük meg a **DSO** – az elosztói hálózatot üzemeltetői – és **TSO** – rendszer irányítói – érdekeket, mivel:

- A **DSO** érdeke a termelt energia helyszíni fogyasztáshoz történő korlátozása, a felesleg magasabb feszültségre történő feladása
- A **TSO** célja a hazai energia többlet EU rendszeren belüli átadása, a pillanatnyi energiahiány nemzetközi rendszerből való pótlása



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Meg kell jegyezni, hogy jelentős kutatások folynak matematikai analízisre alapozott menetrendi szabályozás megvalósítására is.

Láthatóan mind két megoldás csak a megtermelt energiával kapcsolatosan kíván megoldást találni, sem a termeléssel, sem a foto-voltaikus rendszer üzemeltetésével kapcsolatos igényeket és problémákat nem vette figyelembe!

a pillanatnyi energiahiány nemzetközi rendszerből való pótlása



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Vizsgálatunkban eddig arról beszéltünk, mit kell tenni annak érdekében, hogy a működést **zavaró anomáliák lehetőleg ne is alakulhassanak ki**. Vizsgáljuk meg azt is, mit kell tenni, ha az anomáliák már bekövetkeztek?

A továbbiakban három, a jelenleg megvalósított vagy tervezett erőművek esetén nem megoldott problémát vizsgálunk:

- az inverterek, mint nemlineáris elemek okozta áram torzulása
- a szabályozatlan termelésváltozások okozta frekvencia változása
- a KÖF kábelek miatti kapacitív meddőenergia kompenzálása





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az inverter által generált zavar teljesítményének korrekt meghatározásához az **áram harmonikus torzulásának vizsgálata** ad lehetőséget, ehhez az **MSz EN 61000** szabványsor előírásait szükséges alkalmazni.

Az ajánlás az áram torzulásánál a „**még megengedhető**” zavar-tartalom arányát **THD(i) ≤ 10%**-ban határozta meg. A korábbi diagramunkon láthattuk, hogy a **foto-voltaikus** rendszer termelés indulási- és leállási-, valamint az időjárás miatti korlátozás időszakaszában a fázisvezető áramában mért harmonikus tartalom rendszeresen elérte a **40%-os**, esetenként a **100%-os** értéket is!



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Mind az **MSz En 50160**, mind az **MSz EN 61000** szabványok – azok erősáramú megközelítése miatt – elkövettek egy jelentős tévedést, lecsökkentették a Fourier sorfejtés „k” paraméterében az értelmezés tartományát

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx)$$

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx \quad (k = 0, 1, 2, \dots) \quad b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin kx dx \quad (k = 1, 2, \dots)$$

A Fourier sor része a **0. rendszámú** harmonikus, a **DC összetevő** az egyenáramú tag, de erősáramú közelítésben nem értelmezhető!



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A DC összetevő erősáramú szakmai értelmezést az nehezíti, hogy a hagyományos erőművekben az energia előállítása forgó mágnes mezőt alkalmazó szerkezettel – generátor – történik, az elosztó-hálózatban induktív csatolású – transzformátor – energiaátviteli elem került alkalmazásra.

**Az inverterek esetében** azonban elektronikus eszközök az AC oldali energia előállítói, **a háromfázisú csillagpont fémesen földelt**, így a „PE”, „N” vezetőkkel, valamint az „EPH” rendszer elemeivel, a kábelek fém árnyékolásával is kapcsolatban vannak, ezért **kialakulhat a DC szintű kapcsolat, a potenciál eltolódása!**



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az erősáramú szemlélet alkalmazta induktív csatolás szerint a DC áram-, illetve a feszültség **fizikailag** nem is alakulhat ki, ezzel az egyszerűsítéssel **elveszett a Fourie elemzés lényege és értelme!**

**A harmonikus zavar esetében szemlélet- és értelmezés változás szükséges!**

**Fizikailag valóban sem a 0., sem más - pld. a 2.-50. harmonikus esetén a 100 - 2.500Hz-es frekvencia – nincs jelen a hálózaton, azonban a jelalak torzulás miatt a villamos hálózat minden eleme úgy reagál, mint ha az analízálás során kapott összetevők mindegyike az adott arányban a hálózaton jelen lenne!**



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Megértéshez segítséget az **IEEE Standard 519** szabvány szemlélet változása, a gerjedés jelenségének az elismerése jelenti, mert ezzel lehetővé tette a **harmonikus zavarok értékelését bár mely csomópontban elvégezhesük** és helyesen értelmezzük.

A szabvány a határértékeket a rendelkezésre álló **rövidzárlati ( $I_{SC}$ )** és a **maximális terhelési áram ( $I_L$ ) aránya** alapján határozza meg. Bevezette a **PCC** - a „Point of Common Coupling” - fogalmát a létesítmény **villamos hálózati csatlakozás pontjára**, valamint a **TDD** – „Total Demand Distortion” - azaz a **követelmény szerinti teljes torzítási** határértékeket.



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az **IEEE Standard 519** ajánlásai már lehetővé tették a felhasználói rendszer érzékenysége szerinti elbírálást a **TDD** alkalmazásával:

- **TDD  $\leq$  3%** érzékeny felhasználói berendezések esetében  
Pld. kórházak, repülőterek stb.
- **TDD  $\leq$  5%** az **általános, vegyesen alkalmazott lineáris- és nemlineáris rendszerek** vizsgálatánál
- **TDD  $\leq$  10%** értéke kizárólag nemlineáris terhelésnél megfelelő  
Pld. egyedi, domináns zavarforrásként értelmezhető gyártósor



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A hivatkozott szabványok ajánlásai alapján legalább egy hetes mérést kell elvégezni- és annak adatsorait értékelni. A feladatra több gyártó is fejlesztett tároló rendszerű hálózati analizátort. Hazánkban – a teljesség igénye nélkül - ismertebbek közé tartozik a ChavainArnoux, HIOKI, HT, SONEL, TDK, TeamWare stb.

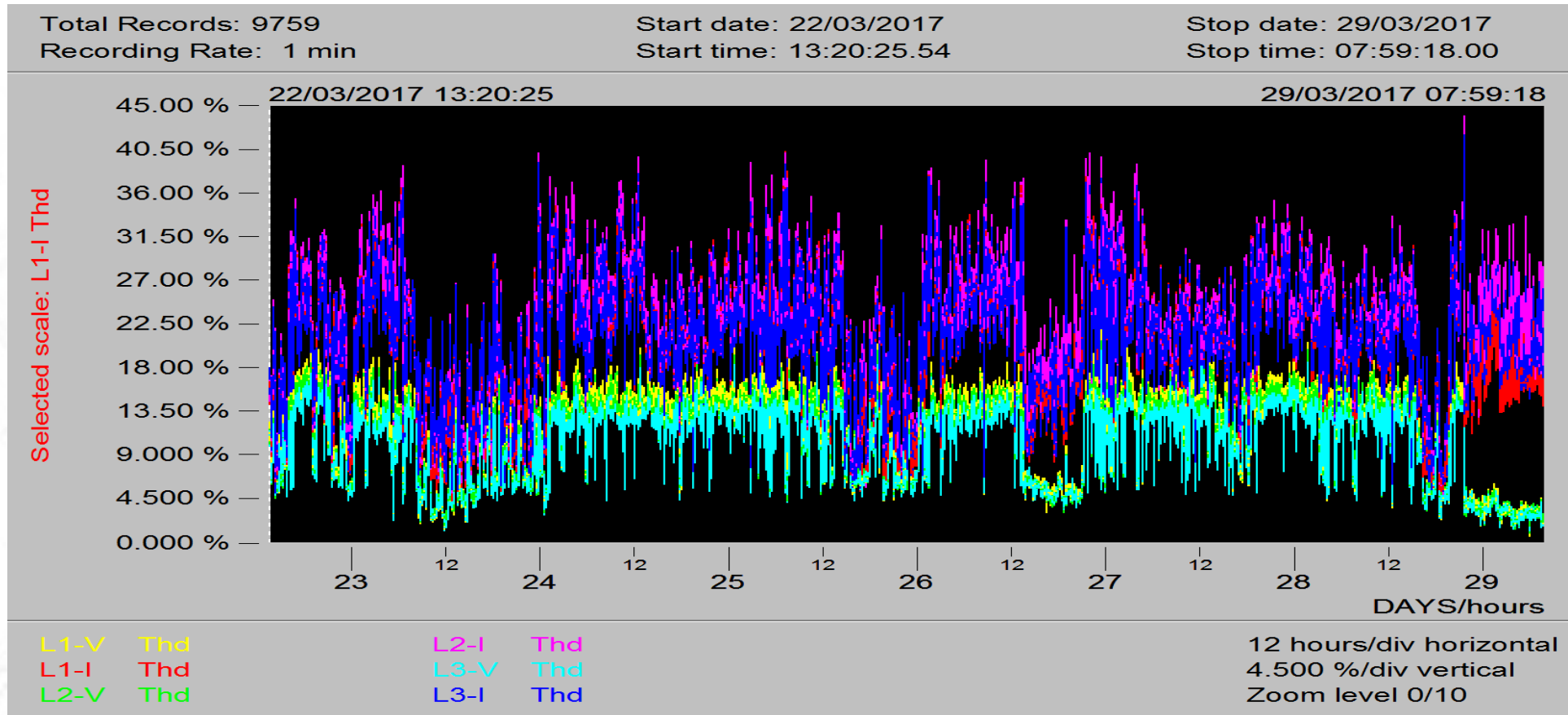
A műszerek közötti első szelektálást

- a feszültség esetében a **0. - 40.** harmonikus rendszámú-, illetve
- az áramoknál **0. - 50.** harmonikus rendszámú tartományon belüli mérési-, elemzési elvárás biztosítja



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A mérés során kapott adatsorokat elemezni, értelmezni kell:







# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A torzulásból számítható lesz valós zavaráram effektív értéke





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az adatok elemzése alapján az inverterek terhelésének indítása- és leállításakor, valamint a csökkentett terhelés esetén összesen három, üzemvitelileg káros esemény azonosítható:

1, A fázisárami harmonikus zavararány a megengedett mértéket jelentős, 4-10\*-es értékben is meghaladja, **az inverterek között sztohasztikus események, gerjedések képződhetnek.**

A harmonikus zavar hatására **többlet hő-veszteség** – lokális- és globális melegedés – és **működési, védelmi anomália alakul ki.**



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

2, A gyors terhelésváltozás a **DSO** – elosztó hálózat üzemeltető – részére kezelhetetlen, viszont a foto-voltaikus rendszer termelés indítása az alaperőműveknél jelentős termelés csökkenéseként, leállása a felhasználói terhelés növekedését jelenti.

Az Európai rendszer áramlás alapú szabályozása kb. egy-két óra – ún.  $4/4$ - $8/4$  óra – idő alatt képes a kiegyenlítésére, tehát a Hazai rendszerirányító, a **TSO** részéről jogos igény, hogy ennek az időszaknak az áthidalása szükséges



## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

3, A nagy területen – 5MW esetén közel 15ha – elhelyezett, jelentős számú transzformátor – általában **0,6-1MVA/állomás** – miatt több **km hosszúságú kis- és középfeszültségű kábelt** kell kiépíteni.

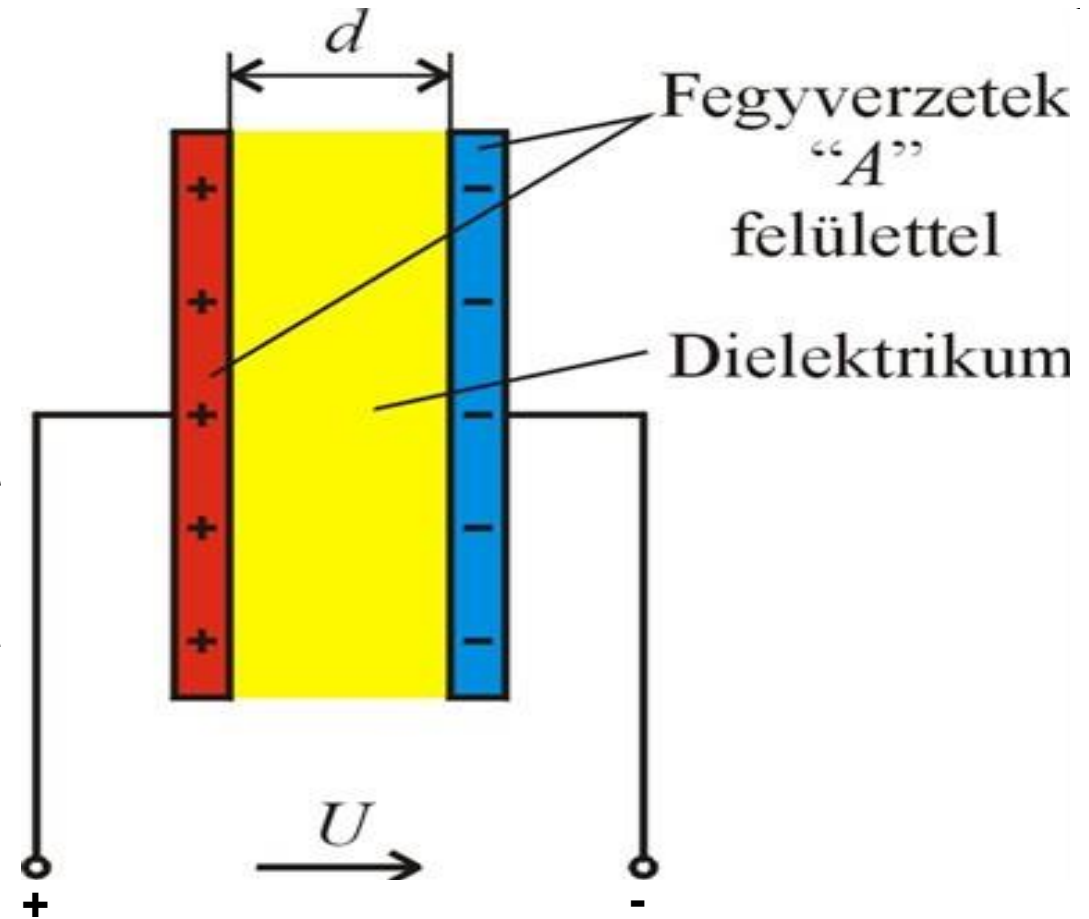
A 0,4kV-os kábelek viszonylag kis kapacitást képviselnek, így az inverterek kimenetének elektronikus elemeivel együtt - a beépített transzformátorok induktivitása miatt - KÖF oldalról minimális kapacitív terhelést jelentenek, azonban a KÖF kábelek esetében – termék függő – kb.  **$I_c = \sim 3\text{A/km}$  kapacitív töltőáram** mérhető.



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A kábelek vezető ere viszonylag nagy keresztmetszetű és felületű, minimális vastagságú. A kábel erek és KÖF kábelek esetében a földelt réz árnyékoló sodrat és a vezető alapú árnyékolás között  $U_{LL}/\sqrt{3}$  mértékű 50Hz feszültségkülönbség mérhető. A kábel tehát **kondenzátor**, ahol a kábelérben tárolt kapacitív energia értéke:

$$Q = U * \epsilon_0 * \epsilon_r * \frac{A}{d}$$





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Ezzel eljutottunk a kevésbé ismert – tervezéskor nem vizsgált – harmadik probléma nevesítéséhez, a **szél- és a foto-voltaikus** erőművekhez kiépített KÖF kábelhálózatok üresjárási – termelés mentes - állapotában mérhető **kapacitív meddő** teljesítményéhez.

Bizonyított, hogy amikor **az alternatív erőművek nem termelnek**, a csatlakozást biztosító **KÖF kábelek jelentős kapacitív meddőterhelést jelentenek az alállomás, illetve a KÖF hálózat minden elemére!**

**A KÖF kapcsoló berendezések és védelmek – megszakítók - alkalmatlanok a kapacitív áramok megszakítására!**



# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Létezik hagyományos megoldás is a KÖF hálózatokon mérhető kapacitív meddőteljesítményének kompenzálására, ez a csillagpont képző transzformátor és az ívoltó – PETERSEN - tekercs.

Az érzéketlenség és a korlátozott teljesítmény miatt működése már egyre kevésbé felel meg a jelenkor elvárásainak, bár digitális védelmekkel még üzemeltethető.





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Összegezve az elemzés megállapítását a megújuló energia termelő eszközök esetében – figyelembe véve a kérdéses sorsú szél-erőműveket is – az alábbi három problémát is meg kell oldani:

- kisebb egységek esetén az erőmű időjárástól függő termelését ki kell egyenlíteni, ideális esetben **cél a „base load”** szintű termelés
- nagyobb erőműveknél az energiatermelés változás sebességét  $4/4$ - $8/4$  órás értékre lassítva az **NTC** – áramlás alapú szabályozás - irányítói, a **TSO** számára kezelhetővé kell tenni
- a hálózati **kapacitív meddő terhelést kompenzálni** szükséges

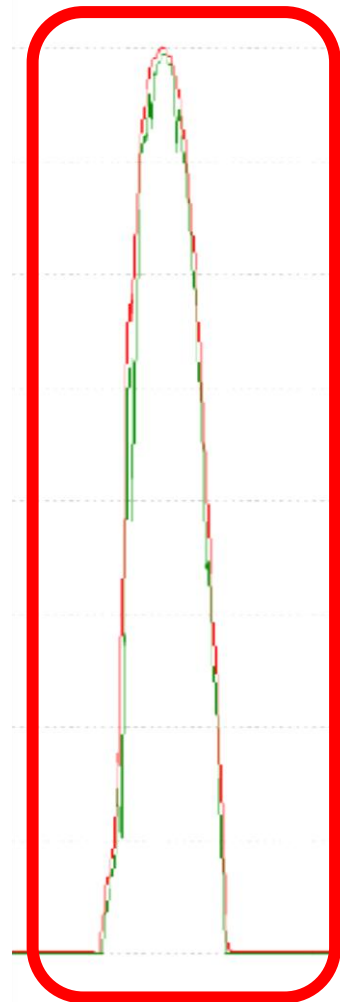




## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Vizsgáljunk meg egy közepes,  $1\text{MW}_{\text{PP}}$  teljesítményű fotovoltaikus rendszer teljesítményének változásait. A mellékelt terhelési görbe alapján kb. napi 10-14 órás működés **kb. 10-12MWó energia termelést jelent**, kiegyenlített termelés esetén – napi 24órában – kisebb, mint **400kW** folyamatos terhelést képes üzemben tartani.

**Base load** termelésnél a **10MWó** termelt energiából az erőmű termelési fázisában – az időjárás változást is figyelembe véve – max. **4MWó** azonnal, többi energia csak később használható fel, ezért a **termelt energia kb. 60%-nak tárolását biztosítani kell.**

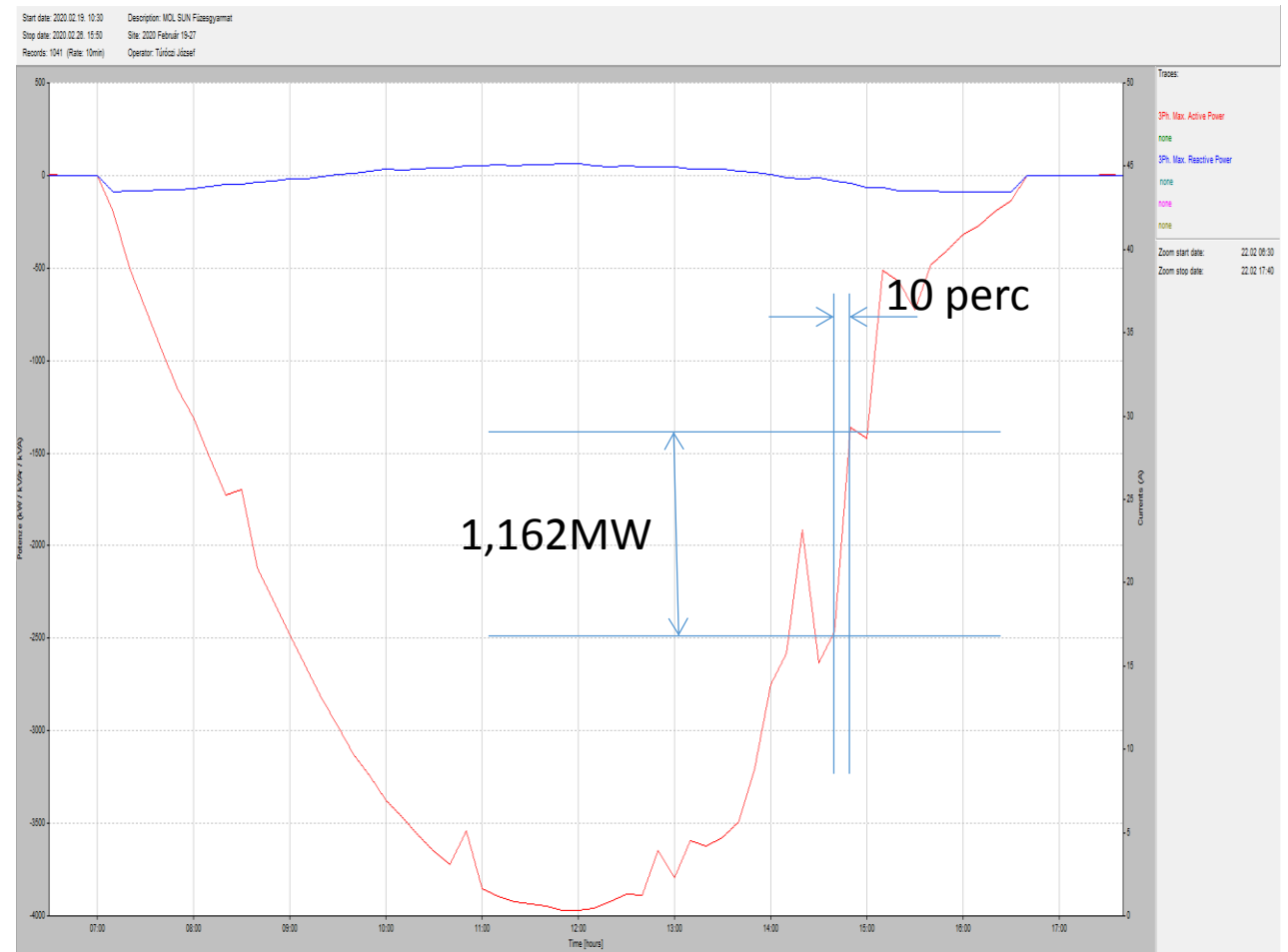




# 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

A termelés változás sebessége – **5MW<sub>PP</sub>** teljesítményű erőmű esetén időjárás változástól nem befolyásolt, egyenletes termelési időszakot vizsgálva – a névleges teljesítmény alapján mérve elérte  **$\Delta p \sim 23\%/10$ perc** értéket!

A foto-voltaikus rendszereknél **gyors- és jelentős terhelés-változást kell kompenzálni.**





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az ALTEO 2018.-ban megépített **BOL** – az induláskor érvényes technikai adatok – paramétereivel rendelkező energiatárolója volt az első Hazai kísérleti eszköz.

A **6MW<sub>pp</sub>** csatlakozási és **4MW<sub>ó</sub>** tárolási kapacitását a menetrend tartására, a PV erőmű nem szabályozott energiatermelésének kiegyenlítésére tervezték, ehhez bio-massza alapú, gáz meghajtású generátort is igénybe vettek.





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Közel egy időben épült meg az ELMŰ-ÉMÁSZ **ENTÁR-1** nevű, szintén BOL paraméterrel tervezett energiatárolója, azonban ez sem alkalmas a zavar kompenzálásra.

**10MW<sub>pp</sub>** csatlakozási és **6,25MW**ó tárolási kapacitását azonban alig egy év alatt jelentősen korlátozni kellett, **15perces töltési / kisütési** időre alkalmazható, eközben a **Hazai igény már 350MW-ra** nőtt!

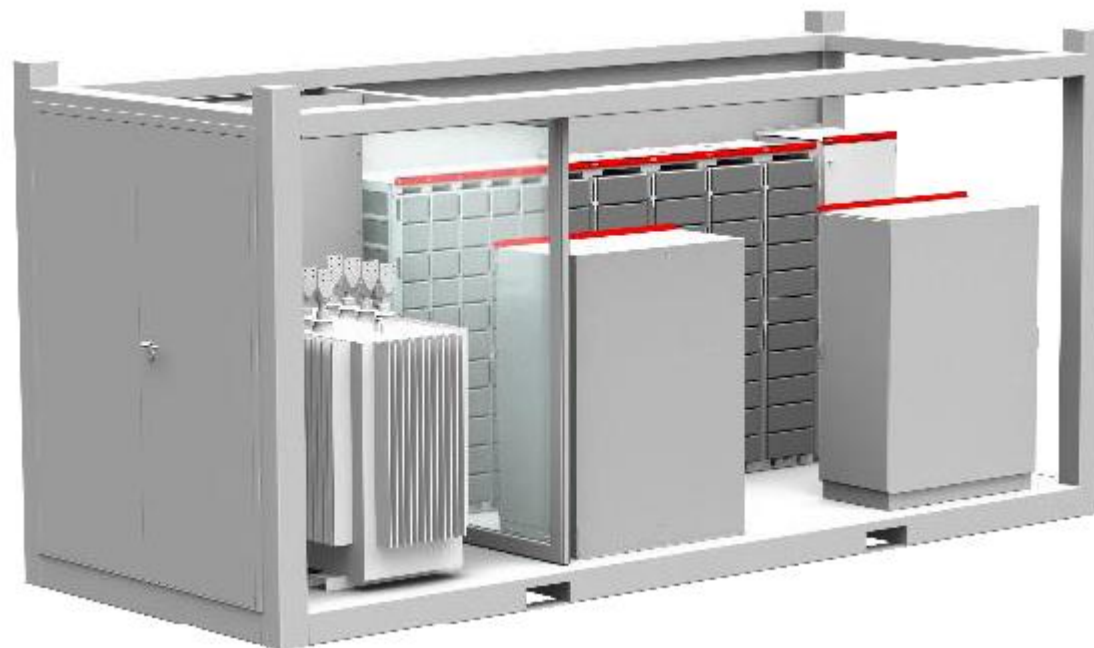




## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

Az **ABB** kidolgozta és **ESM**, illetve **ECO-Flex** néven a katalógusaiban ismertette **75-500kW** csatlakozási és max. **4MW** ó tároló egységeit.

A MEE Vándorgyűlésen ismertetett meghatározások, valamint a megismert adatok alapján a kiválasztott cél a **kommunális hasznosítás**. Az ABB által ismertetett termékcsalád kísérleti eszköz, nem ipari felhasználásra tervezett.





## 5. Kompenzálás és zavarelhárítás

2020. Decemberében került nyilvánosságra, hogy az MVM a villamos energia elosztó hálózatok intelligens irányításának kiépítését segíti, köztük a TSO munkáját támogató Duna InGrid hálózat létrejöttét is. A projekt tervezői szerint javítani fogja a hálózatirányítás határokon átívelő koordinációját, azonban nem oldja meg sem a harmonikus zavarok – melyek az MSz 62305 szabvány szerint felelősek a „gazdasági kár” kialakulásáért – sem a KÖF hálózatok kapacitív meddőterhelésének problémáját.

Jogosan felmerül a kérdés, hogy létezik-e egyáltalán olyan műszaki megoldás, mely alkalmas mind a három feltárt probléma egyidejű megoldására?

# **Az alternatív energiatermelés műszaki problémái**

## Tervezéstől az üzemeltetésig

Vége az 5. résznek

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU



# 6. Kompenzálás gyakorlati tapasztalatai

A lehetséges műszaki állapotok és eszközök bemutatása

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU







## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Mint deklaráltuk, most sem célunk a már működő berendezések tervező-, kivitelezői munkáinak, vagy a terméknek a minősítése, azonban a kompetitív szemléletű vizsgálat során láthatóvá válik, hogy a vizsgálatunk eleme miért jobb, az alkalmazottnál.

Fogadjuk el, hogy a „**jobb**” megfogalmazás nem prejudikálás, vagy a másik termék lekicsinylése, **egyszerűen csak ténymegállapítás!**

A műszakilag jobb minőségű termék azonban nem jelent költségesebb megvalósítást - erről természetesen meggyőződünk - de a jelen **vizsgálatunk technikai- és nem beruházási célzatú.**



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Keressük meg, mi emelte ki az eddig alkalmazott megoldások hátrányait. Jelenleg rögzíthetjük, hogy az ABB termékeinek elvi leírása, tervezett megoldásai mellett a tényleges paramétereit nem ismertek, a Hazánkban megépült mind két energiatároló kísérleti fejlesztési egységként épült meg.

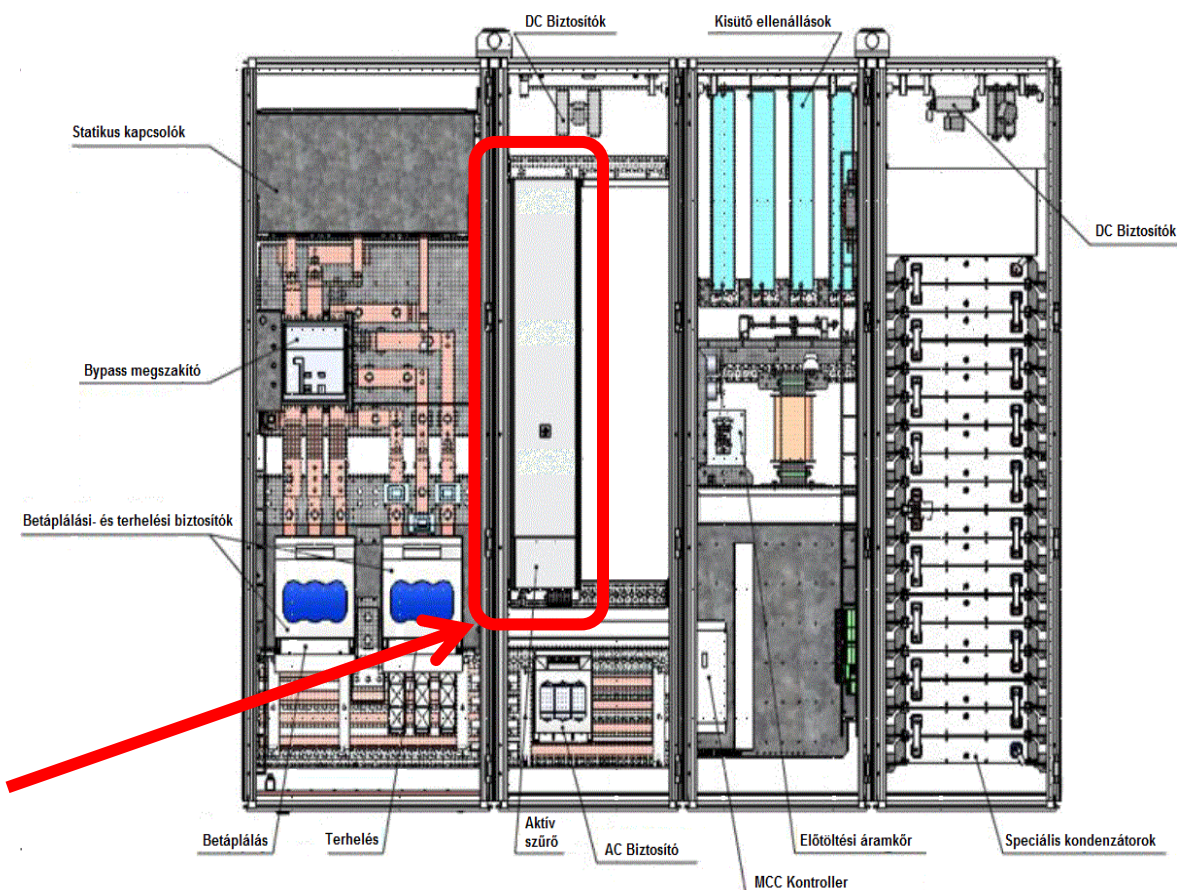
Mivel célunk az üzemi előnyök és hátrányok feltárása, vegyük észre, hogy az erősáramú szemléletre alapozott probléma költségcsökkentő alapú megoldása elkerülhetetlenül és kizárólag az energiatárolás műszaki kialakítását tűzte ki célul, így az előállítása közben nem vizsgálták a járulékos feladatokat sem!



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A további vizsgálataink miatt szükséges, hogy megismerjünk egy, lassan már évtizedes múltra visszatekintő **ESS berendezést**. Nézzük meg, hogy az itt kialakított rendszer miben különbözik a kísérleti rendszerek felépítésétől.

Kezdjük mindjárt a legfontosabb elemmel, az inverterrel. Eltérően az eddigi megoldásoktól AC/DC inverternek **aktív filtert** alkalmaz!





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

**Miért jobb az aktív szűrő, mint az inverter I.**

Az aktív szűrő 512minta/periódus pontossággal állítja helyre a háromfázisú áram jelalakot, emiatt a **feszültség harmonikus arány növekedése  $<0,5\%$** .

A háromszintű IGBT topológia segítségével a **hőveszteséget** a hagyományos inverter veszteségénél kisebb, a névleges teljesítmény **2,3% alatt** tartja.

Az „**A2**” típusú aktív szűrő beavatkozási sebessége  **$t < 100\mu s$**  a nulla vezető áramában is, ezért képes megakadályozni a gerjedési jelenségek kialakulását.



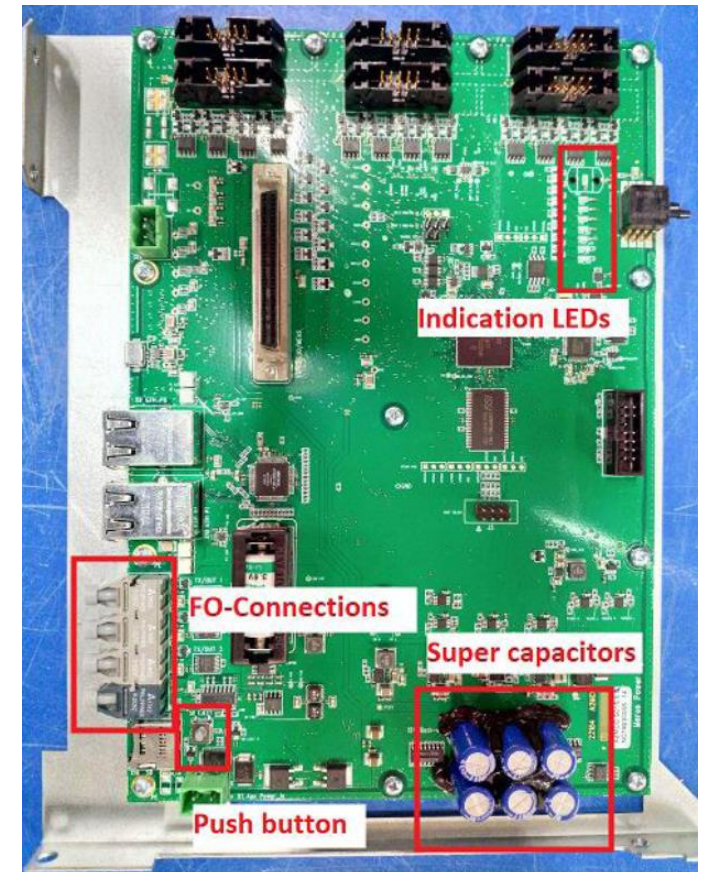


## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

**Miért jobb az aktív szűrő, mint az inverter II.**

A jól megválasztott aktív szűrő minden modulja önálló beavatkozásra- és szabályozásra képes, normál felhasználás során az egységek párhuzamos működését 1GB-es ETHERNET, az **ESS alkalmazás során optikai kábeles (FO) adatátvitel szinkronizálja.**

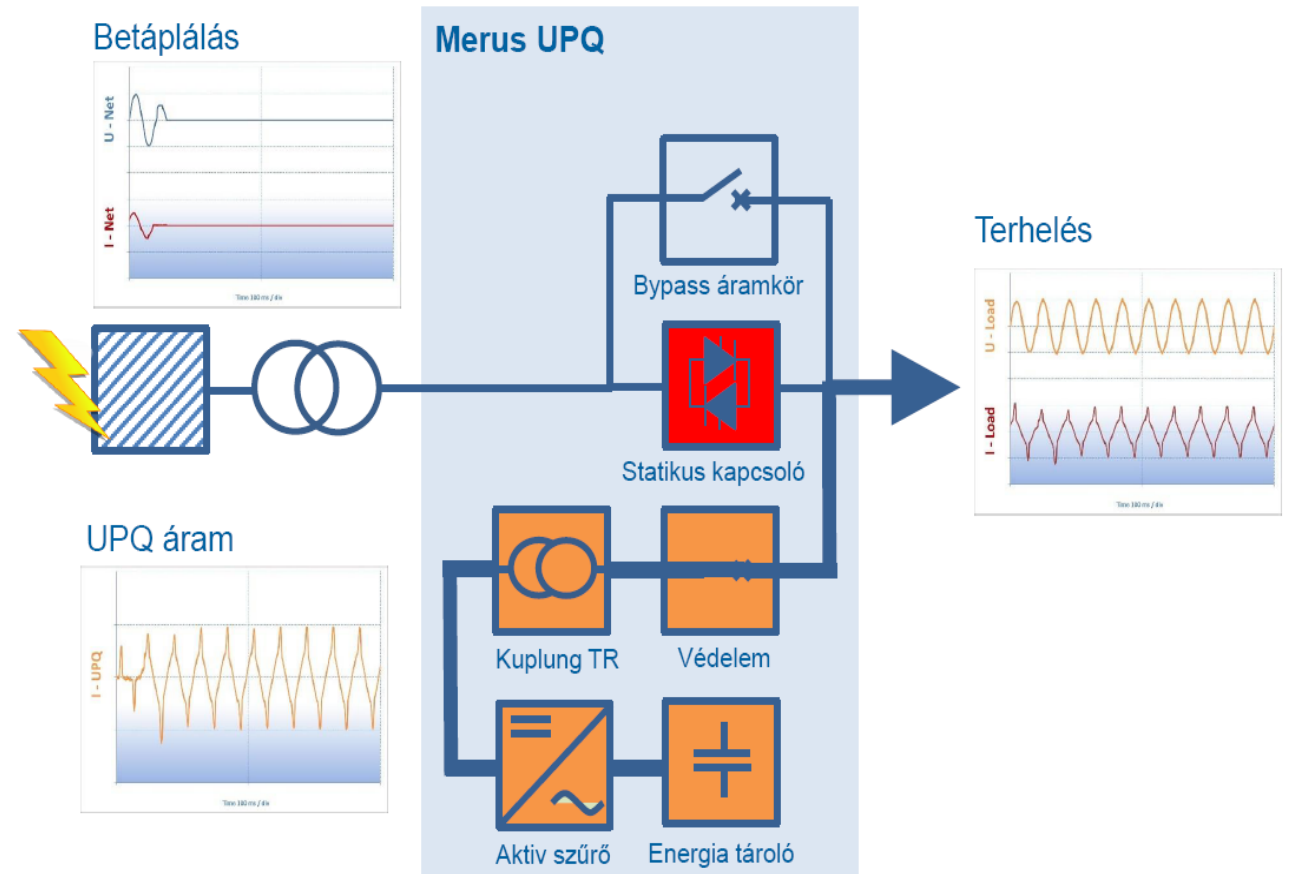
A modulok beavatkozás sebessége így még több száz egység szinkronizálásakor is valós idejű, **100 $\mu$ sec** értékű marad!





# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az aktív szűrők párhuzamos kapcsolása nem kísérleti feladat „ad hoc” szintű megvalósításának eredménye volt. Az aktív szűrő az ún. szuperkondenzátorban tárolt villamos energiát hasznosítja a jelalak helyreállítására. A fejlesztés első lépcsője az **UPQ** egység kialakítása, a szünetmentes energia ellátás megvalósítása volt. **0,4kV**-on a tipikus értéke **200~850kW**, **22kV**-on **≥50MW** teljesítményben is szállítható.

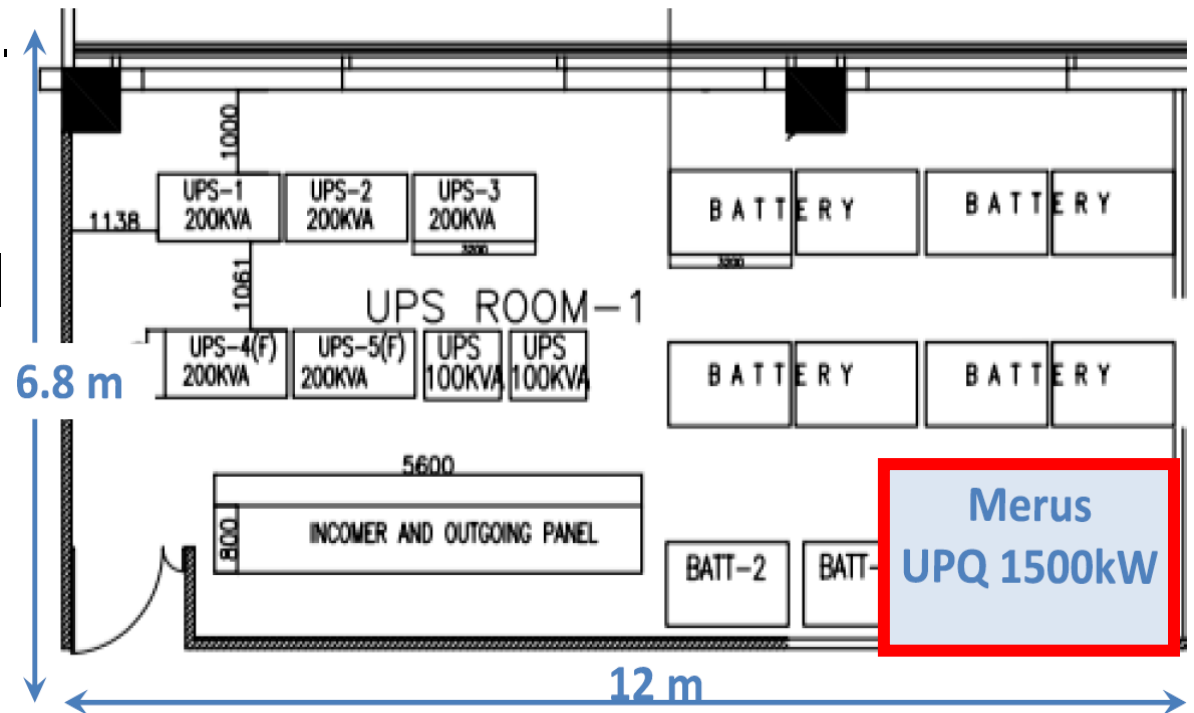




## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **UPQ** alkalmazás előnye az UPS egységekkel szemben pld. **P = 1,5MW** teljesítmény esetén:

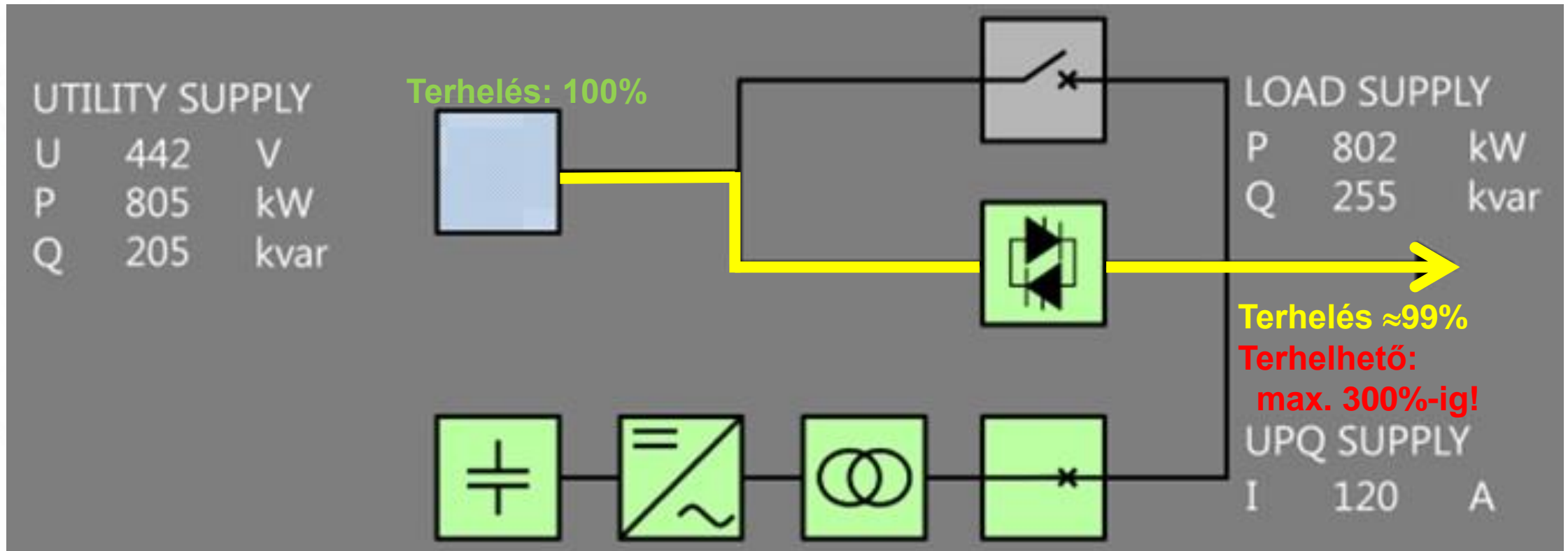
- 80m<sup>2</sup> helyett 8m<sup>2</sup> helyet igényel
- nincs szükség külön helyiségre
- vesztesége 5% helyett <1%
- egyidejűleg aktív zavarcsűrő is
- utólag beépíthető a védelem módosítási igénye nélkül





# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A **MERUS Oy UPQ** rendszer belső felépítése- és működése, melynek maximális **vesztesége <1%**







## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása



A korszerű aktív harmonikus szűrő – a kompenzációs áram változása nélkül – tud **200÷480V**, újabban már **690V 50/60Hz** feszültségű hálózaton, **TN** vagy **IT** érintésvédelmi környezetben is üzemelni.

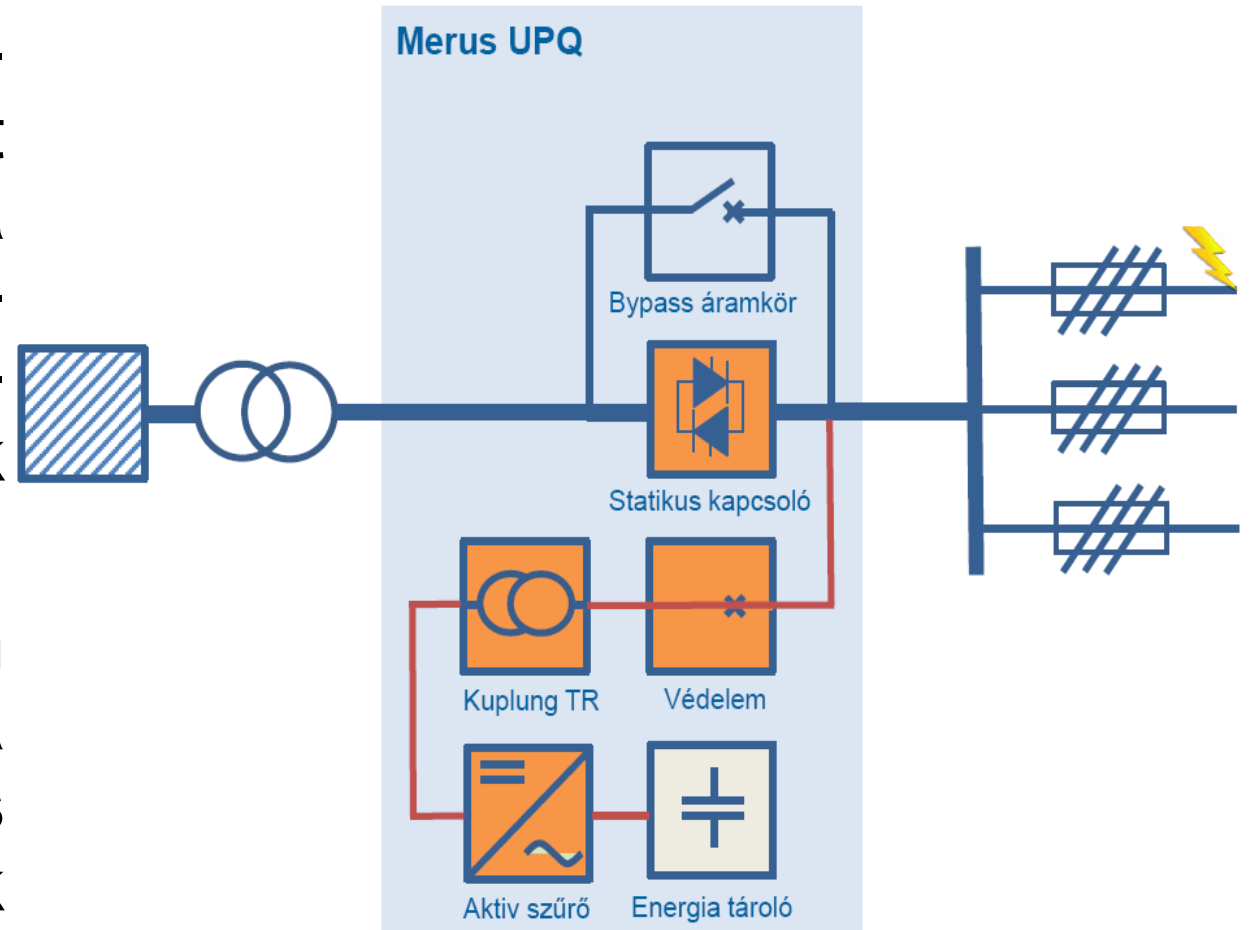
**UPQ** egységként alkalmazva  $I_{\max} \leq 2\text{kA}$  értékig – a kimenet zárlati árama  $I_z = 40\text{kA}$  - standard eszközként rendelhető. Rövid időtartamig jelentős mértékben, pld. **150%/30sec**, vagy **300%/3sec** mértékben túlterhelhető, miközben a **vesztesége üzemszerűen 0,6%**, de a  **$P_{D\text{Max}} < 1\%$** !



# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **UPQ** egység még szuperkondenzátort alkalmazott, mert a terméket alapvetően a hálózati tranziensek miatt bekövetkező  $t \leq 1\div 3\text{sec}$  időtartamú feszültség letörések elleni védelemre fejlesztették ki.

A rövid időtartamú védelem alkalmas a KÖF hálózaton a feszültség stabilizálására és elégséges időt ad a tartalék energiaellátás bekapcsolására.





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A KIF hálózatoknál a feszültség letörés – nagy áramlökéssel induló motorok, KÖF oldali földzárlat stb. – ismert jelenség, mivel a frekvenciaváltós hajtásokkal szerelt felhasználói berendezések ún. „ablak komparátoros” bemenete érzékeny.

2020.-ban közel 200db, 0,1-0,2sec időtartamú, >40%-os mértékű letörés esetében viszont NF eredetű, KÖF hálózati letörés került regisztrálásra, ezek lehetséges okaiként a Szolgáltató:

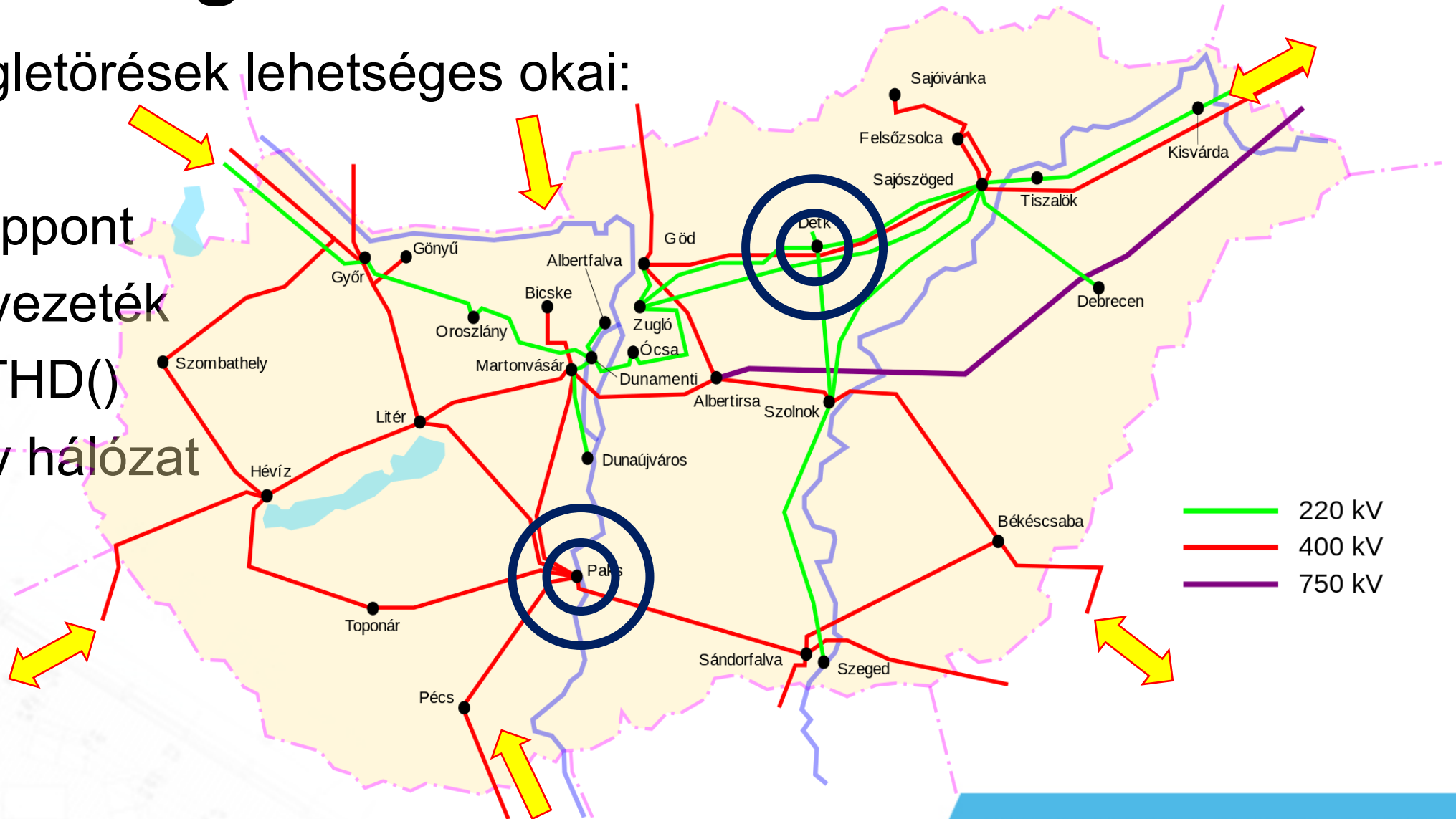
- NF egysarkú védelmi működést, időtartama **<1sec**
- múltó KÖF földzárlat, időtartama **<0,1sec** jelölt meg, miközben a **sztohasztikus jelenség valószínűsíthető**, időtartama **<0,2sec**



# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Feszültségletörések lehetséges okai:

- kevés táppont
- hosszú vezeték
- magas THD()
- kapacitív hálózat





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Cseréljük ki az **UPQ** egység energia tárolójának alkalmazott szuperkondenzátort egy, erre a célra kifejlesztett, speciális Li Ion akkumulátorra, és a kapott eredmény egy új eszköz, **az energia tároló, az ESS.**

**Tudatos fejlesztési folyamat eredménye lett az ESS,** nincs a fejlesztésnek ún. „gyermekbetegsége”!

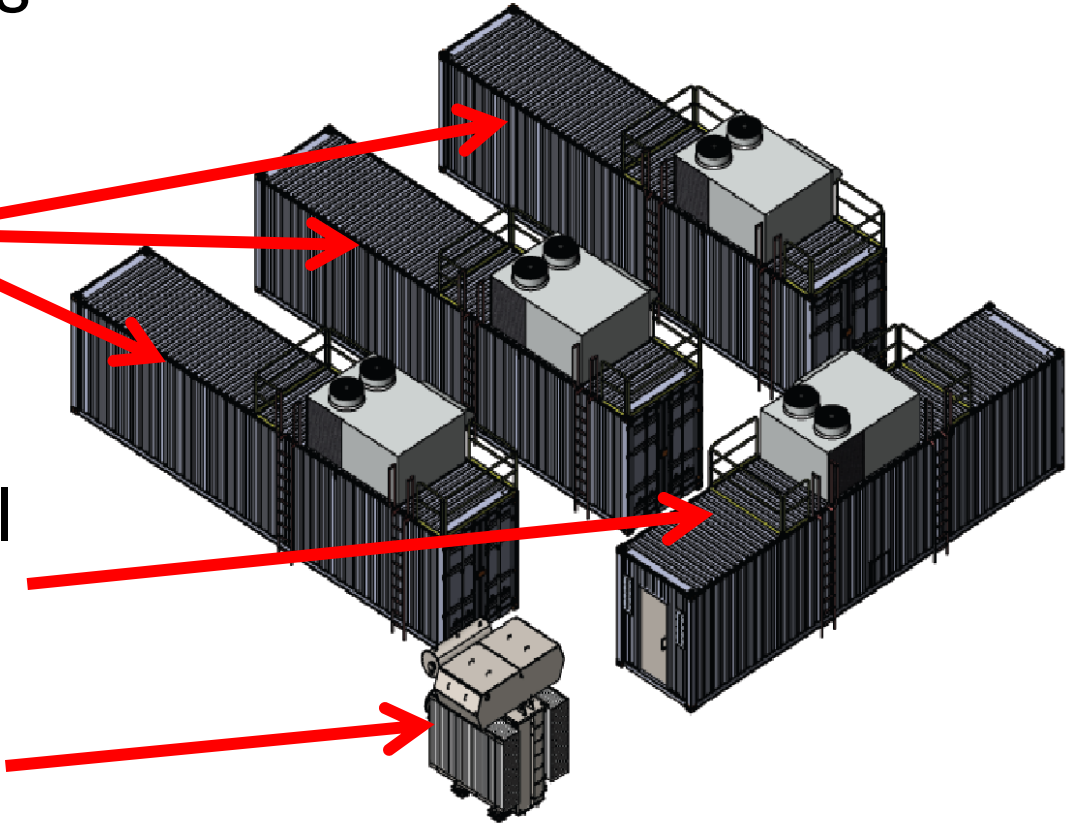




## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** rendszer részei a hatásos működtetés érdekében:

- nagytömegű, **1-50MW**ó mobil energiatárolási kapacitás
- az **AC↔DC** energia átalakítást végző aktív szűrőkre és a kontroll **MCC** egységekre, valamint a
- **KÖF** hálózathoz csatoló **1-10MW** teljesítményű transzformátorra



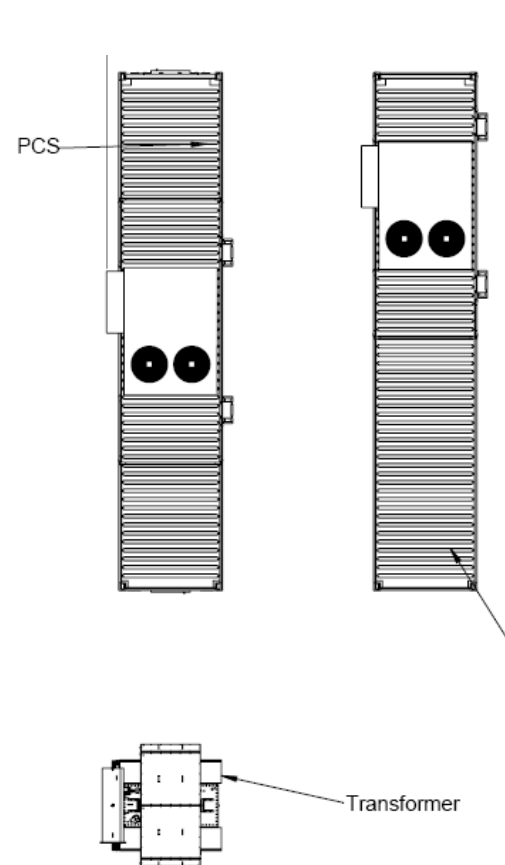


## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Egy valóban korszerű **ESS** rendszer elvileg korlátlanul bővíthető.

Ahhoz, hogy az **ESS** teljesítménye akár **60MW** csatlakozási értékig is növelhető legyen moduláris egység került kialakításra.

A fejlesztés eredménye rugalmas, **1-60MW** csatlakozási teljesítményig és kb. **100MW** ó tárolható energiáig tervezhető **ESS** rendszer.



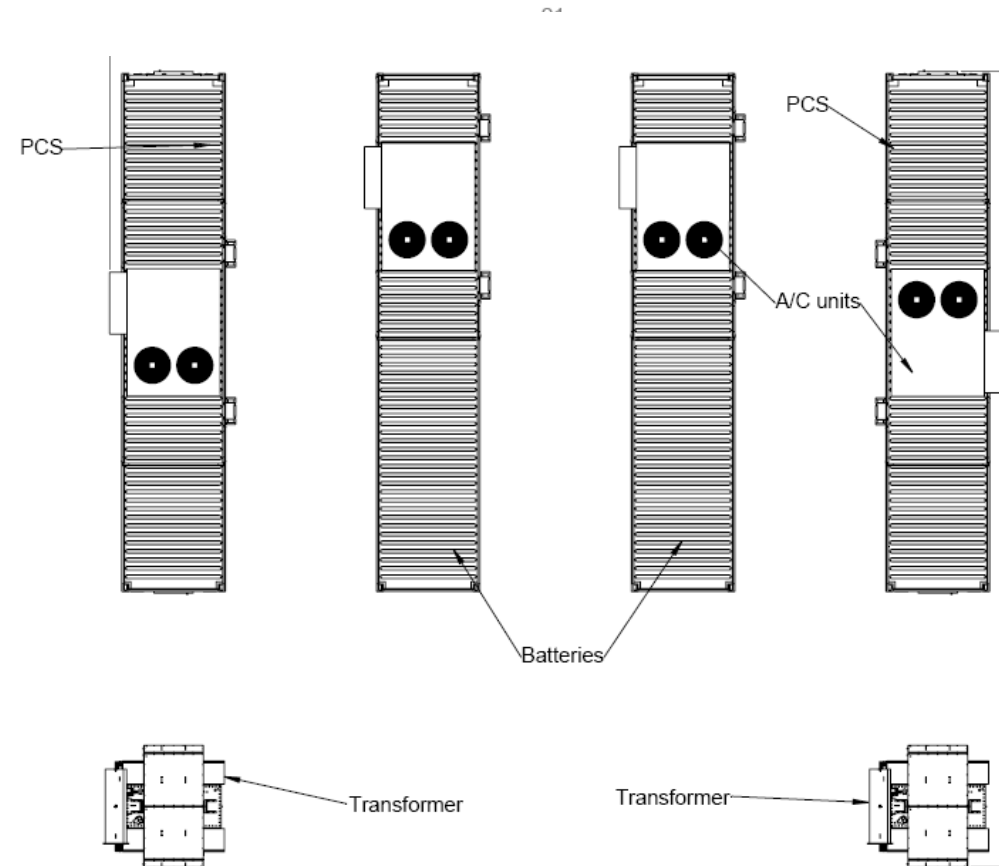


# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Egy valóban korszerű **ESS** rendszer elvileg korlátlanul bővíthető.

Ahhoz, hogy az **ESS** teljesítménye akár **60MW** csatlakozási értékig is növelhető legyen moduláris egység került kialakításra.

A fejlesztés eredménye rugalmas, **1-60MW** csatlakozási teljesítményig és kb. **100MWó** tárolható energiáig tervezhető **ESS** rendszer.







## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** – villamos energiatároló – esetében megismerkedhettünk egy korszerű egységgel, azonban még mindig csak a vizsgálatunk két kérdésére kaptunk választ

- a 2018.-ban megépített kísérleti tárolók esetében elismertük, hogy alkalmasak a termelés kiegyenlítésére, az elvárt, 15perces menetrend tartásának segítésére
- az **ESS** rendszere **alkalmas a frekvencia változás automatikus szabályozására**, a gyors termelésváltozást kiegyenlítő, valós idejű beavatkozásra, a változás sebességének  $4/4$ - $8/4$  **órás lassítására** is



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** fő eleme az aktív harmonikus szűrő, mely képes a  $\leq 50$ . harmonikus tartományban a zavaráram kompenzálására mind a fázis, mind a nulla vezetőket tekintve. A példánkban vizsgált típusnál beállítható, hogy a kompenzálás **TN-S**, **TN-C** vagy **IT érintés-védelmi környezetben** történhet. **TN** érintésvédelem esetén a nulla vezetéki áramban a kompenzáló áram értéke az **MSz EN 50160** szabvány ajánlása szerint **a fázisárami kompenzáló áram 300%-a**.

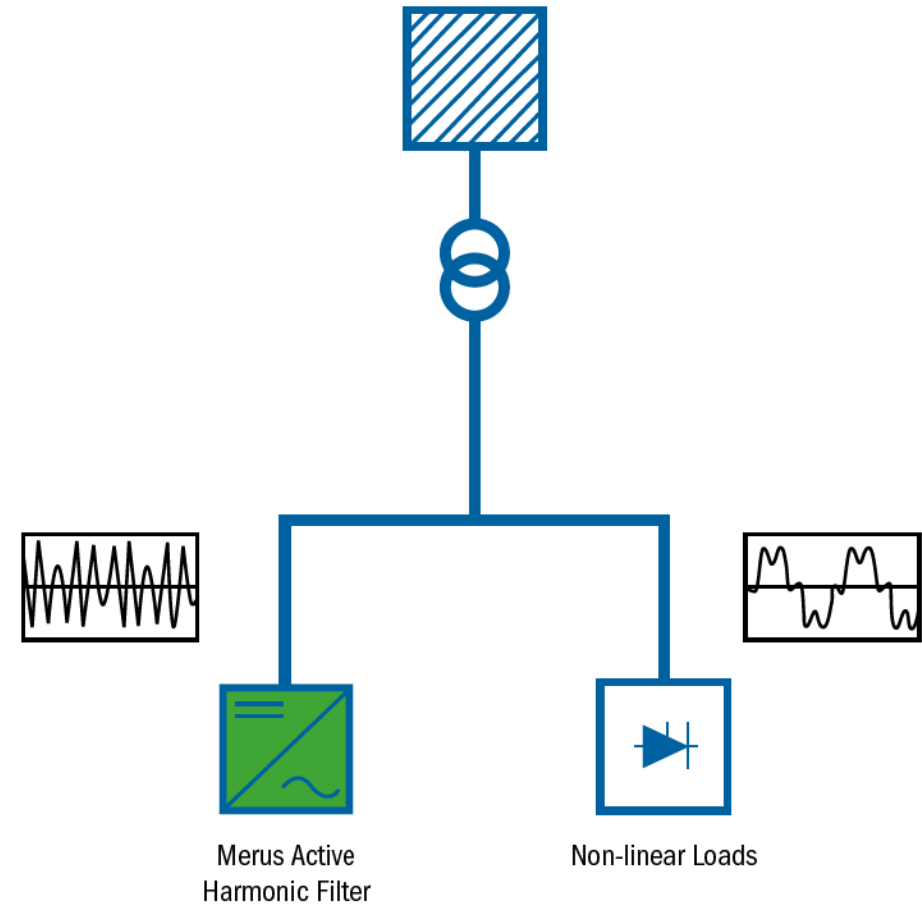
Fentiek alapján **lehetőség van az inverterek közötti gerjedési jelenségek, a sztohasztikus anomáliák megakadályozására**, melyet az **ESS** fejlesztői természetesen hatásosan alkalmaztak is!



# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** képes az ún. alap harmonikus szabályozására is, amely azonban nem más, mint a hálózati frekvencia, az  $f = 50\text{Hz}$ .

Az aktív harmonikus szűrő működése elvileg egyszerű, a torzult áramhoz adjuk hozzá a torzulás inverzét. Tehát az **DC↔AC** energia átalakítás során az inverz jelalakot a feszültség nulla átmenetére határozzuk meg, úgy – az előjelétől függetlenül - kompenzáljuk a hálózat meddő teljesítményét is.





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A megfelelően megválasztott **ESS** segítségével megoldhatjuk a hálózat ismert problémáit, mivel **egyidejűleg, valós időben**:

- **kiegyenlíthetjük** a megújuló energiaforrások nem szabályozható terhelés változásait, valamint kiegyenlíthetjük azok időjárás függő teljesítmény változásait
- **támogatjuk** a **TSO-DSO** munkáját azzal, hogy a gyors termelés-változásokat az **NTC** által elvárt  $2/4$ - $8/4$  **órás** időtartamra lelassítjuk
- **biztosíthatjuk** a villamos hálózat anomália mentes üzemeltetését



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** a KÖF hálózatra általában az alternatív energia forrástól eltérő helyen csatlakozik. Így maradt egy másik műszaki probléma, a szél- és foto-voltaikus erőművek csatoló transzformátora és a **KÖF hálózat** – 1MW csatlakozási teljesítmény felett az állomás között kiépített kábelhálózat is - **mint kapacitív terhelés**.

Emlékeztetőül rögzítjük, a Szolgáltatói is vizsgálta és a megengedett  **$\cos\varphi \leq 0,96$**  teljesítménytényező alapján definiálta a kompenzálendő, a kábel terhelhetőségét is korlátozó meddőteljesítményt.

A tetszőlegesen induktív vagy kapacitív kompenzáló áram effektív értékére **22kV-os feszültségen  $I_Q = 20 \sim 40A$**  határoztak meg.



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

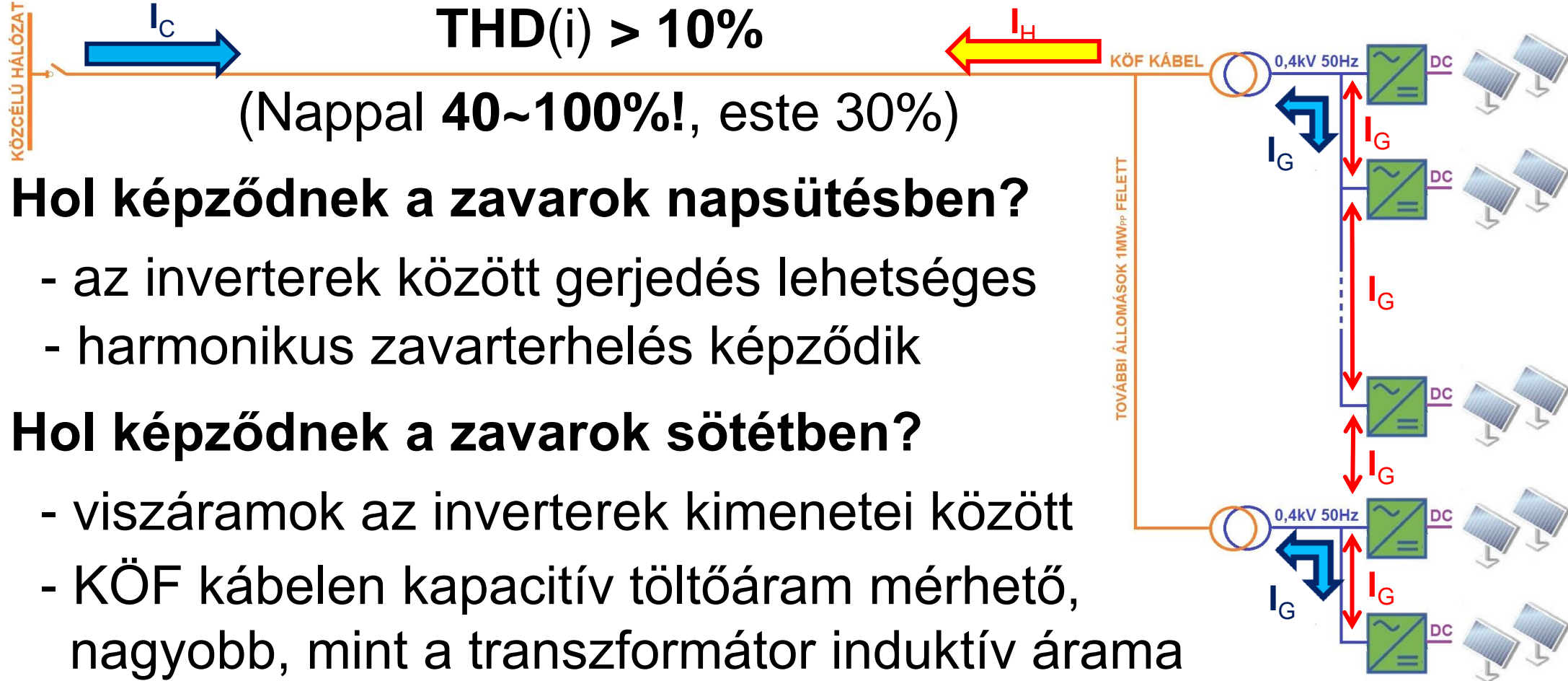
Egyes forgalmazók hibrid fázisjavítást, a kapacitív tartomány kompenzálására **induktív tekercset** ajánlanak, azonban - a fizika törvényei szerint - ezzel **kapcsolási túlfeszültséget generálnak!**

Az alkalmazás miatt kialakuló veszély megértéséhez az **MSz EN 50160** szabvány **2.9 pont** és annak megjegyzése ad segítséget:

***A tranziens túlfeszültségek általában nem haladják meg a 6kV csúcsértéket, de esetenként nagyobb értékek is előfordulnak. A felfutási idő széles tartományt fog át milliszekundumoktól a mikroszekundumoknál kisebb értékekig.***



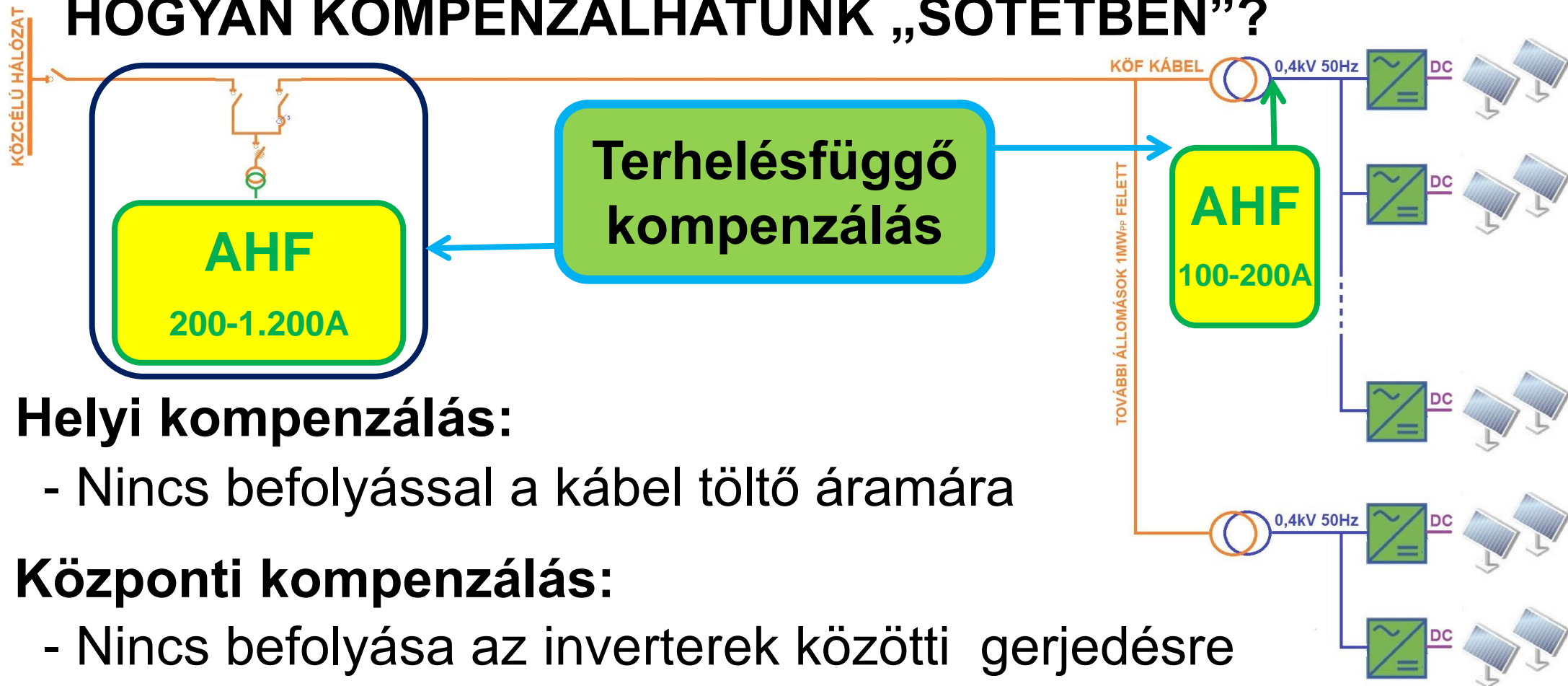
# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása





# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

## HOGYAN KOMPENZÁLHATUNK „SÖTÉTBEN”?



### Helyi kompenzálás:

- Nincs befolyással a kábel töltő áramára

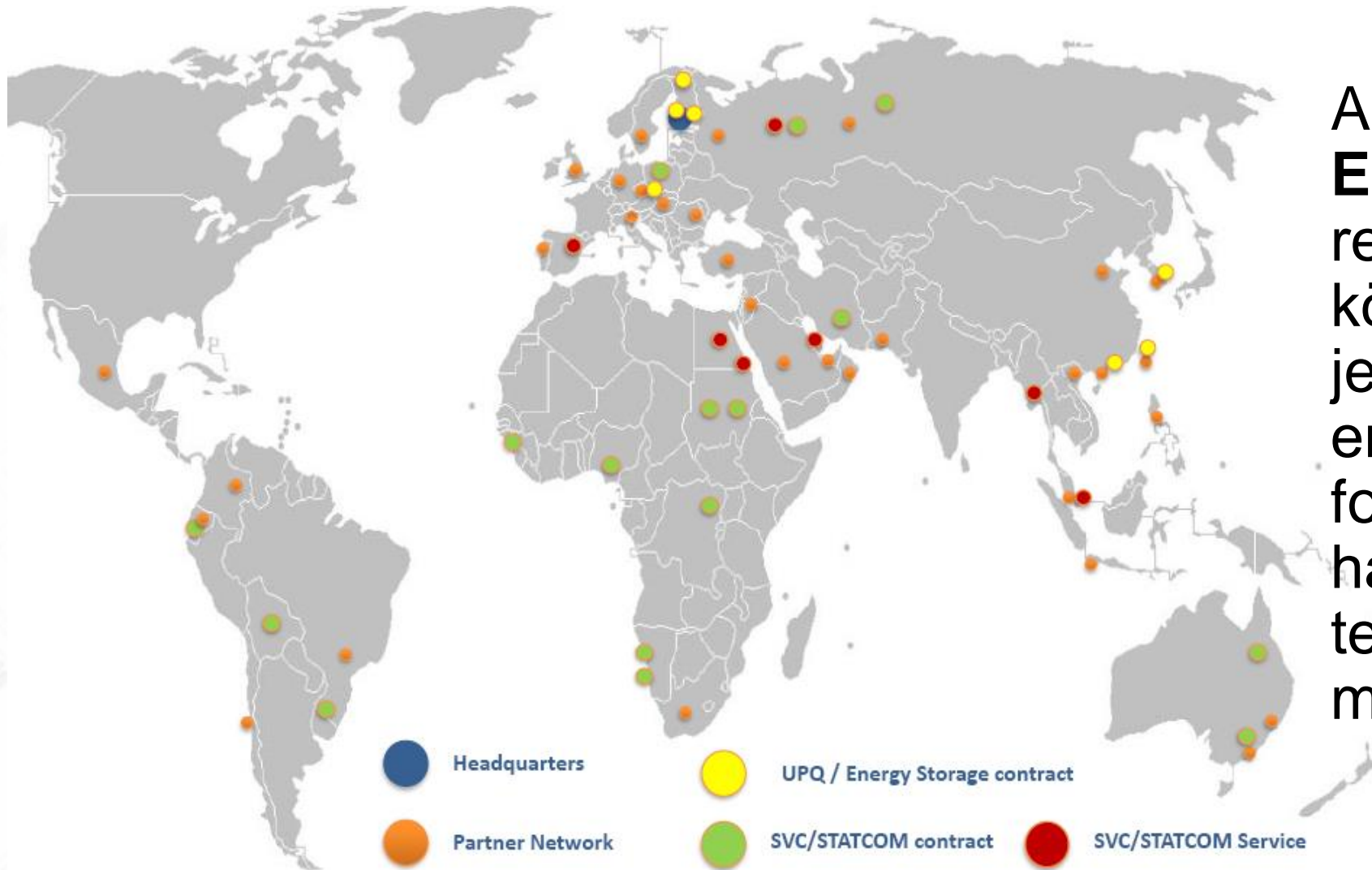
### Központi kompenzálás:

- Nincs befolyása az inverterek közötti gerjedésre





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása



A **MERUS Oy**, az **ESS** gyártójának referenciái széleskörűek, termékei jelen vannak a zöld energiát jó hatásokkal, tervszerűen hasznosító ipari termelés szinte minden területén!



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A megfelelő műszaki paraméterek mellett az üzemeltetés legfontosabb igénye a megbízható berendezések alkalmazása.

Emiatt nem javasolható az EU-n kívüli beszerzés sem, mivel a termékek garanciális- és garancián túli javítása vagy cseréje bizonytalan, a termékek Hazai szerviz háttere nem megoldott.

***Választásunk emiatt egyértelműen MERUS Oy (Finnország) termékeire esett, melynél külön ki kell emelni, hogy a gyártó 2021.-től a gazdasági tevékenységét a NASDAQ (Helsinki) tőzsde szigorú szabályai szerint végzi!***



# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

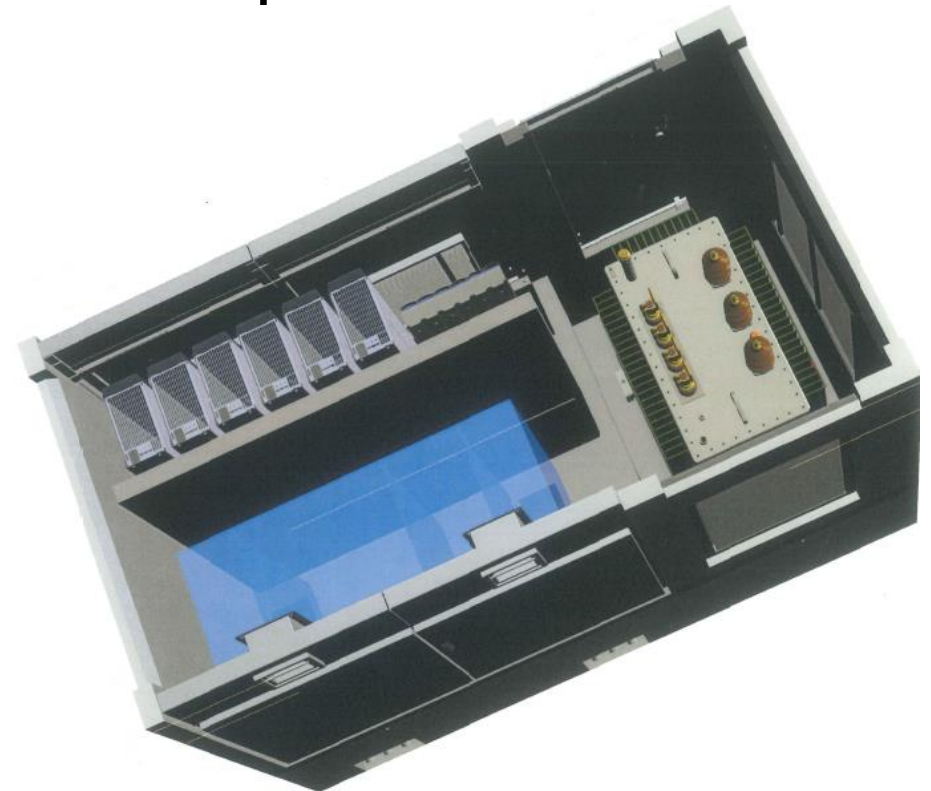
Alkalmazhatjuk  
modulárisan



Beépíthetjük  
elosztószekrénybe



Építhetünk automatikus  
kompenzáló állomást





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

A Tuuliwatti **6,6MW** és **6,6MWó** kapacitású energiatárolót épített a Viinamä szél-erőmű parkban, hogy növelje a megújuló villamos energia termelés hatékonyságát

**ESS** végzi az automatikus frekvencia szabályozását (**AFC**) a villamos energia gazdálkodás folyamatában.



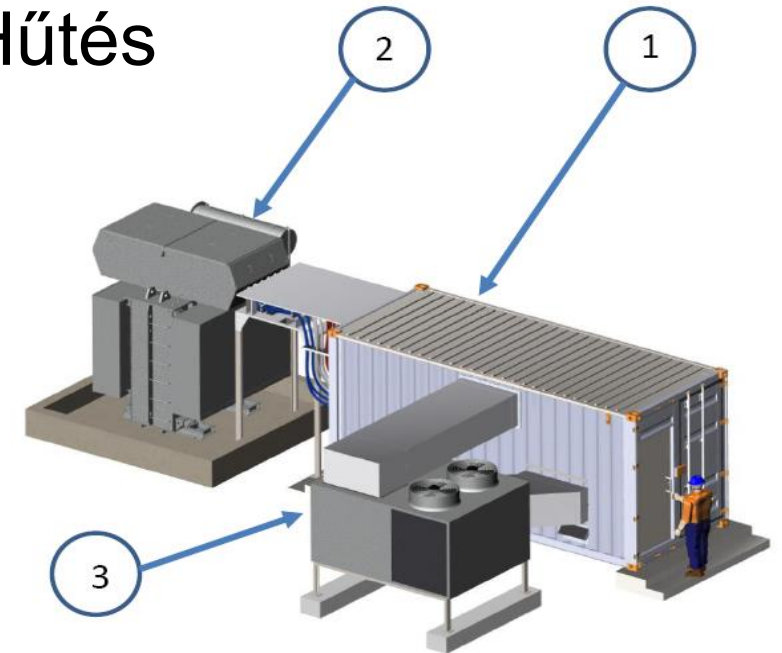


# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása



**New South Wales 20MW teljesítmény kiegyenlítés:**

- 1, Vezérlés és akkumulátor
- 2, Speciális transzformátor
- 3, Hűtés





# 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Lemene 1,6MW / 1,3MWh  
ESS irányítja a termelés  
kiegyenlítését, az energia-  
áramlást





## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása



Jeffries Bay, South Africa 45MW

Az elvárás szerint a szélerőműnek teljesíteni kellett az ESKOM, a Dél-Afrikai Nemzeti szolgáltató által adott csatlakozás feltételeit.

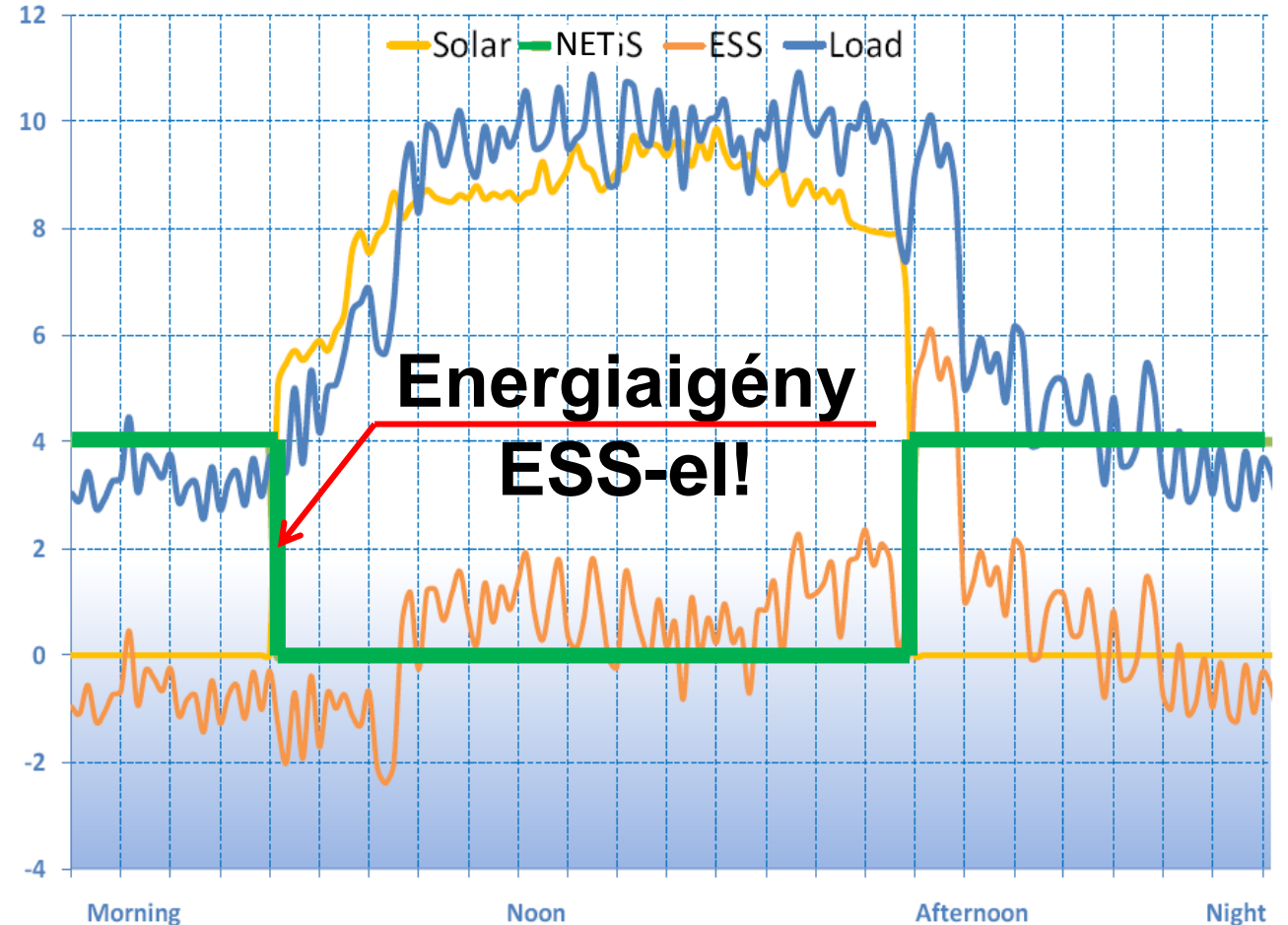
Csatlakozási feltételek betartásán túl az **ESS** a veszteség mértékét a korábbi **5%-ról 0,6%** értéknél is **kisebbre csökkentette!**



## 6. A megfelelő eszköz kiválasztása

Az **ESS** csökkenti az erőmű igényt, miközben alkalmas az alternatív energiaforrások felgyorsult a termelés változása, pld. a napelemek által termelt energia 10-20 percen belül mérhető szélsőséges, 100%-os mértékű teljesítményváltozás csökkentésére.

Hazánkban a **nem tervezhető teljesítményváltozás elérte a 370MW-ot és emelkedik!**







# ÖSSZEĞZÉS

A korszerű energiatároló, az ESS alkalmazott technológia hatékony eszköznek bizonyult a megújuló energiatermelő rendszerek optimális hasznosítására. Alkalmazásával elmarad az ingadozó energiatermelés, elmaradhat az alacsony hatásfokkal üzemeltethető alállomások, nagyfeszültségű hálózatok kiépítése, javulhat a **TSO - DSO** működése, ezáltal az **NTC** hatékonysága.

**A leghasznosabb energia, amit meg sem kell termelnünk!**

**Az optimális energiagazdálkodás megvalósításához a kiváló referenciával rendelkező ESS egységek telepítése műszakilag indokolt!**



# Köszönjük a figyelmüket!

Társaságunk 30 év szakmai munka, 1.500-nél több mérés és Partnerünk, a **MERUS Power Dynamics OY** (Finnország) 20 éves tapasztalatával áll az Önök rendelkezésére!

## Hívjon, kérdezzen, hogy segíthessünk..

[turoczi.jozsef@ttemi.hu](mailto:turoczi.jozsef@ttemi.hu)

[turoczi.peter@ttemi.hu](mailto:turoczi.peter@ttemi.hu)

# Köszönöm a figyelmüket!

**SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS 2018**

MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

MMK.HU

